



TITOLO-TITLE:

LINGUE DISPONIBILI - AVAILABLE LANGUAGE: IT

CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE TRAVALE

POSTAZIONE GEOTERMICA RADICONDOLI 35

**Relazione geologica con criteri di fattibilità
ai sensi delle “Direttive tecniche per lo svolgimento
delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche”
Allegato A della Delibera n. 31/2020
della Regione Toscana**

File: R35213_RGeolAdB

00	20/03/2025	Emissione	G. Zappa ISMES		CIV M. Conti EGP	B. Saighetti EGP
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED by	COLLABORATORS	VERIFIED by	VALIDATED by
PROJECT / PLANT		GRE CODE				
		GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY
		GRE	EEC	R	2	8
		I T G 1 3 4 0 6 0 0 0 9 7 0 0				
CLASSIFICATION		PUBLIC <input type="checkbox"/>	CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/>		UTILIZATION SCOPE	
		COMPANY <input checked="" type="checkbox"/>	RESTRICTED <input type="checkbox"/>		Basic Design, Detailed Design, Issue for Construction, etc.	
This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.						

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C5300262

gl

Cliente

Enel Green Power Italia S.r.l.

Oggetto

CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE GEOTERMICA "TRAVALLE"
PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI TRE NUOVE POSTAZIONI GEOTERMICHE
(MONTIERI_7, RADICONOLI_35, RADICONOLI_36)
Postazione Radiconoli 35:
Relazione geologica con criteri di fattibilità ai sensi delle "Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche" Allegato A della Delibera n. 31/2020 della Regione Toscana

Ordine

Contratto Aperto n° JA10125351
Attivazioni n.3500444421 – n.3500555531 – n. 3500592065 – n. 3500629032

Note

Rev.01 WBS A1300004499 Lettera di accompagnamento Prot. C5300266

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta di ISMES.

N. pagine

41

N. pagine fuori testo

n°1 Allegato

Data

24/03/2025

Elaborato

Zappa Giulio (ISMES SCS)
Giovanni Giorgi

Verificato

Zappa Giulio (ISMES SCS), Bonalumi Pamela (ISMES SCS)

Approvato

Carnevale Francesco (ISMES HIF)



a CESI Company

ISTEDIL

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C5300262

Indice

1	PREMESSA	5
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
3	OPERE PREVISTE	8
4	ASPETTI VINCOLISTICI	9
4.1	Piano di assetto Idrogeologico	9
4.1.1	Generalità	9
4.1.2	Piano per l'assetto idrogeologico vigente	11
4.1.3	Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)	13
4.2	Piano strutturale comunale	14
4.2.1	Aspetti geomorfologici	14
4.2.2	Pericolosità geologica	15
4.2.3	Pericolosità sismica locale	18
5	CRITERI GENERALI DI FATTIBILITÀ RISPETTO AGLI ASPETTI GEOLOGICI - D.G.R. TOSCANA N.31 DEL 20/01/2020	19
5.1	Assetto geomorfologico locale	20
5.2	Indagini in sito e prove di laboratorio	26
5.3	Modello geologico-tecnico sito specifico	28
5.4	Attuazione delle prescrizioni di cui al paragrafo 3.2, Allegato A, D.G.R. Toscana N.31 del 20/01/2020 – Aspetti geologico-tecnici	30
5.4.1	Monitoraggio	33
5.4.2	Riperimetrazione aree di pericolosità geologica ante intervento	38
6	CRITERI GENERALI DI FATTIBILITÀ RISPETTO AGLI ASPETTI IDRAULICI E SISMICI DI CUI AI PARAGRAFI 3.3, 3.5 E 3.6, ALLEGATO A, D.G.R. TOSCANA N.31 DEL 20/01/2020	39
6.1	Attuazione delle prescrizioni par.3.3 – Rischio alluvioni	39
6.2	Attuazione delle prescrizioni par. 3.5 – Risorsa Idrica	39
6.3	Attuazione delle prescrizioni par. 3.6 – Aspetti Sismici	39
7	CONCLUSIONI	40
7.1	Criteri di fattibilità rispetto agli aspetti geologici	40
7.2	Criteri di fattibilità rispetto agli aspetti idraulici e sismici	40

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
REV 00	24/03/2025	C5300262	Prima emissione

1 PREMESSA

Facendo seguito al parere istruttorio del Settore Genio Civile Valdarno Inferiore della Regione Toscana, prot.n.0091512 del 07.02.2024, emesso nell'ambito del procedimento PAUR del progetto in oggetto, la presente Relazione, a supporto della progettazione definitiva della nuova postazione di manutenzione campo Radicondoli 35, concerne la caratterizzazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica dell'area di imposta delle opere in progetto, caratterizzazione eseguita sia sulla base del rilievo geologico in sito che in accordo alle risultanze della recente campagna indagini eseguita. La presente relazione descrive anche la rispondenza ai criteri di fattibilità dell'intervento definiti ai sensi dell'Allegato A della Delibera n. 31/2020 della Regione Toscana.

La postazione Radicondoli 35, insieme alle postazioni Radicondoli 36 e Montieri 7, ricade all'interno della Concessione di Travale.

Il sito in cui si intende realizzare la nuova postazione Radicondoli 35 è interamente compreso nel territorio comunale di Radicondoli, Provincia di Siena, Regione Toscana. Con riferimento alla Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000, l'area della postazione Radicondoli 35 è interamente compresa nella sezione 307010. L'ubicazione è mostrata nella seguente immagine aerea.



Figura 1-1 – Inquadramento geografico con evidenziata in rosso la posizione della nuova postazione geotermica Radicondoli 35 – base Google Earth

Il Comune di Radicondoli è caratterizzato da un territorio collinare situato nella zona delle *Colline metallifere* tra Siena e il Mar Tirreno, ad un'altitudine media di circa 500 m s.l.m.

A nord confina con i Comuni di Casole d'Elsa e Castelnuovo di Val di Cecina, a est con il Comune di Chiusdino, a sud con il Comune di Travale e a ovest con i Comuni di Castelnuovo di Val di Cecina e Pomarance.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] D.M. LL. PP. 11-03-1988 - DECRETO MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 11 MARZO 1988 (G.U. 1-6-1988, n. 127 suppl.) - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione
- [2] Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, decreto ministeriale 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- [3] Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
- [4] Comune di Radicondoli– Piano strutturale Intercomunale (forma associata tra I Comuni di Casole d'Elsa e di Radicondoli, ai sensi dell'art.94 della L.R. 65/2014) – luglio 2022.
- [5] Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale – Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).
- [6] Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale – Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).
- [7] Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale – Del. n.40 del 28/03/24 Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica (PAI dissesti). Adozione delle misure di salvaguardia ai sensi degli articoli 65 comma 7 e 8 e 67 comma 1 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
- [8] Regione Toscana – D.G.R.T. n.31 del 20/01/20 – Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche.
- [9] Comune di Radicondoli – Del. del Consiglio Comunale n. 13 del 10/04/2024 - PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE dei comuni di Casole d'Elsa e Radicondoli. Adeguamento, ai sensi dell'articolo 21 della LRT 65/2014 e ss.mm.ii. della carta della pericolosità geomorfologica alla nuova perimetrazione del PAI dissesti.
- [10] ISPRA – Inventario dei fenomeni franosi in Italia (progetto IFFI)
<http://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartanetiffi/>.
- [11] ISPRA – Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (progetto CARG) – *Foglio 296 – Siena*.
- [12] Regione Toscana – Data Base geologico regionale (dati geologici liberamente consultabili e scaricabili con licenza CC-BY 4.0: Open GeoData dal sito internet della Regione Toscana
<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html>).
- [13] ENEL GREEN POWER (2024). Concessione "Travale. Progetto definitivo. Postazione Radicondoli 35. *Piano delle indagini geognostiche*, doc.R35001_PIGeo.
- [14] ENEL GREEN POWER (2024). Concessione "Travale. Progetto definitivo. Postazione Radicondoli 35. *Rapporto indagini geognostiche*, doc.R35002_RIGeo.
- [15] ENEL GREEN POWER (2024). Concessione Travale. Progetto definitivo. Postazione Radicondoli 35. *Rapporto Prove di laboratorio geotecnico geomeccanico* Rev.01 R35003_LabGe_01.
- [16] ENEL GREEN POWER (2024). Concessione Travale. Progetto definitivo. Postazione Radicondoli 35 *Relazione Geologica*. doc R35014_Rgeol_01.

- [17] ENEL GREEN POWER (2024). Concessione Travale. Progetto definitivo. Postazione Radicondoli 35. *Relazione geotecnica*, doc. R35026_Rgeot.
- [18] ENEL GREEN POWER (2024) Concessione Travale. Progetto definitivo. Postazione Radicondoli 35. *Relazione di predimensionamento geotecnico delle opere*. R35027_RDimG.
- [19] ENEL GREEN POWER (2024) Concessione Travale. Progetto definitivo. Postazione Radicondoli 35. *Relazione idrologico-idraulica*". R35015_Ridro_01.
- [20] ENEL GREEN POWER (2024) Concessione "Travale. Progetto definitivo. Postazione di perforazione Radicondoli 35. *Monitoraggio geotecnico e piezometrico*, doc. R35014_LettGeP.
- [21] ENEL GREEN POWER (2024) Concessione "Travale. Postazione geotermica Radicondoli 35. Progetto definitivo. *Tavole del progetto*:

	Elaborati Grafici - Postazione
R35033_PAsIs	Planimetria stato di fatto
R35034_Pprog	Planimetria di progetto
R35035_SezTr_01	Sezioni Trasversali
R35036_SezLo	Sezioni Longitudinali
R35038_OpTip_01	Opere Tipo Rev.01
	Elaborati grafici- Bretelle di Accesso
R35053_StPla	Planimetria e profili
R35054_StSTr	Sezioni Trasversali
R35055_StOpT_01	Opere tipo Rev.01

- [22] ENEL GREEN POWER (2024) Concessione di coltivazione Travale. Nuove postazioni di manutenzione campo Montieri_7, Radicondoli_35, Radicondoli_36. *Studio di Impatto Ambientale* (art.22 del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.), doc. CTr010_SIARe.

3 OPERE PREVISTE

Il progetto in esame prevede, oltre alla nuova postazione di perforazione, la realizzazione delle relative linee fluidi e della viabilità di accesso alla postazione stessa.

Uno schema progettuale degli interventi previsti è mostrato nella seguente Figura 3-1.

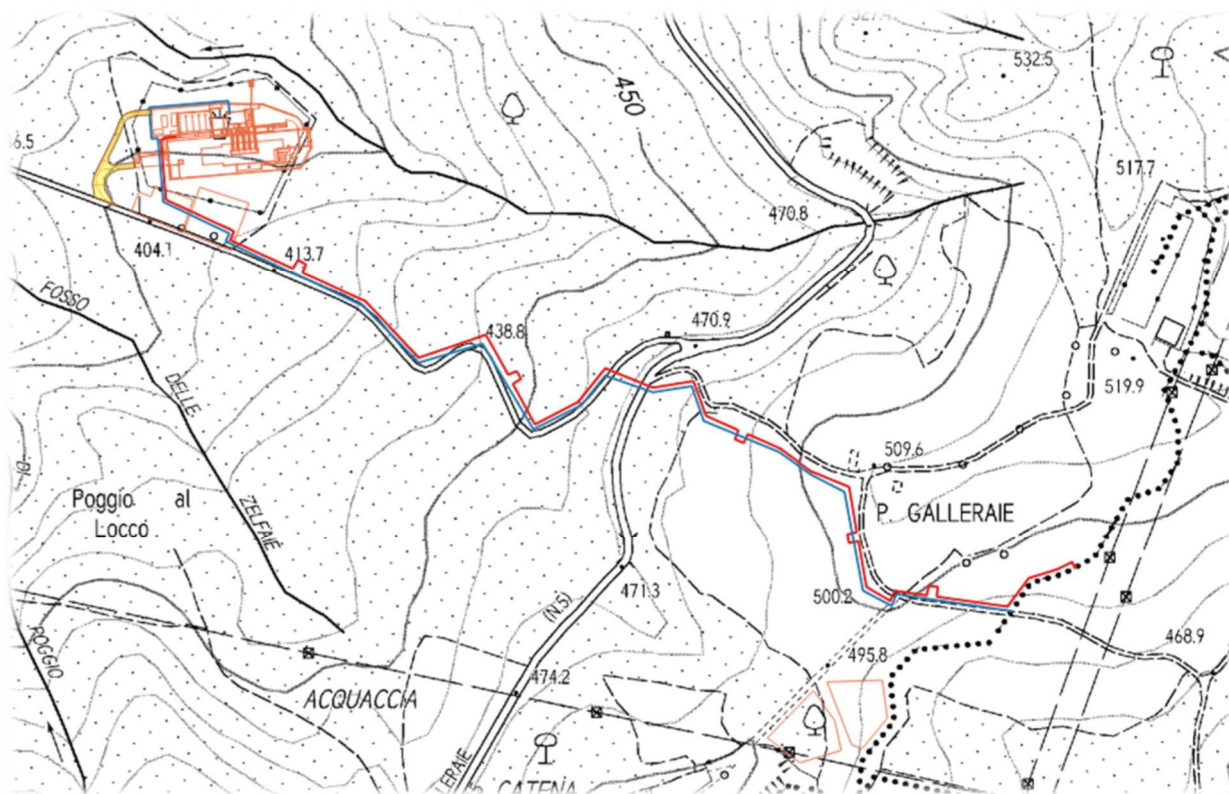


Figura 3-1 – Radicondoli 35. Schema delle opere in progetto: in arancione la postazione, in giallo la nuova viabilità di accesso e, infine, il tracciato della linea fluidi (in rosso il vaporedotto ed in blu l'acquedotto).

Il rilievo geologico e geomorfologico in sito, effettuato a dicembre 2022, è stato esteso in un intorno significativo della zona di imposta della postazione e lungo tutto il tracciato delle linee fluidi, fino alla loro convergenza nelle condotte già esistenti ed in uso alle centrali geotermiche della zona.

4 ASPETTI VINCOLISTICI

4.1 Piano di assetto Idrogeologico

4.1.1 Generalità

La postazione Radicondoli 35 ricade nell'ambito amministrativo dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale (Figura 4-1).

Il distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale è stato individuato con il D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., ai sensi delle indicazioni della direttiva 2000/60/CE.

L'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale è un ente pubblico non economico, di rilievo nazionale, vigilato dal Ministero della Transizione Ecologica. Nasce a seguito della riforma distrettuale avviata con l'art. 51 della legge 28 dicembre 2015, n. 221. Nell'arco di due anni – dal 2016 al 2018 – attraverso alcuni provvedimenti attuativi della riforma distrettuale, tra i quali in particolare il D.M. 25 ottobre 2016, n. 294 e il D.P.C.M. 4 aprile 2018, l'Autorità si è strutturata e organizzata ed è divenuta pienamente operativa, prendendo il posto delle Autorità di bacino previste dalla legge 183/1989, soppresse ex lege nel 2015.

L'Autorità di Bacino distrettuale si occupa, in primo luogo, di pianificazione di bacino: elabora e approva il Piano di bacino distrettuale e i relativi stralci, tra cui in particolare quelli previsti dall'art. 63 comma 10 lettera a) del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., ossia il *Piano di gestione del rischio di alluvioni* e il *Piano di gestione delle acque*, due importanti piani direttori in materia di alluvioni e di acque, redatti ai sensi delle direttive europee 2000/60/CE e 2007/60/CE.

Al contempo l'Autorità di Bacino distrettuale provvede ad aggiornare il quadro conoscitivo in termini di pericolosità da alluvione e da dissesti geomorfologici attraverso l'aggiornamento del *Piano di gestione del rischio di alluvioni* (PGRA) e l'elaborazione del *PAI dissesti*. L'Autorità esprime inoltre, il proprio parere di conformità ai piani di bacino sugli interventi in materia di dissesto idrogeologico, inseriti in programmazioni europee, nazionali e regionali.

Il distretto dell'Appennino Settentrionale è suddiviso in unità territoriali di riferimento definite Unità di Gestione (Unit of Management – UoM) che in particolare, per la postazione in esame, è rappresentata dalla *UoM Regionale Toscana Costa* (cfr. Figura 4-2), la cui codifica, utilizzata ai fini del reporting alla CE è visibile in Figura 4-3.

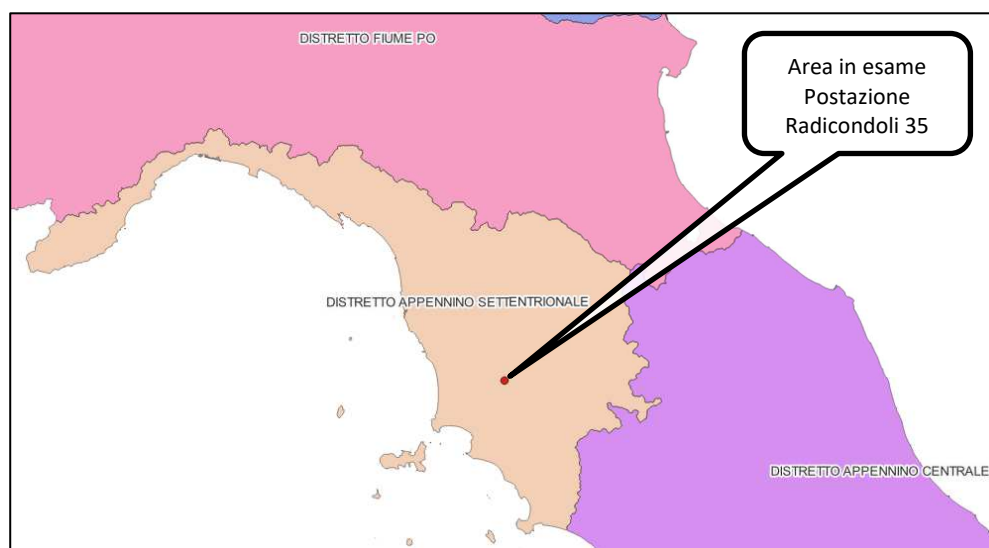


Figura 4-1 – Appartenenza del sito in esame (postazione Radicondoli 35) al distretto Appennino Settentrionale.

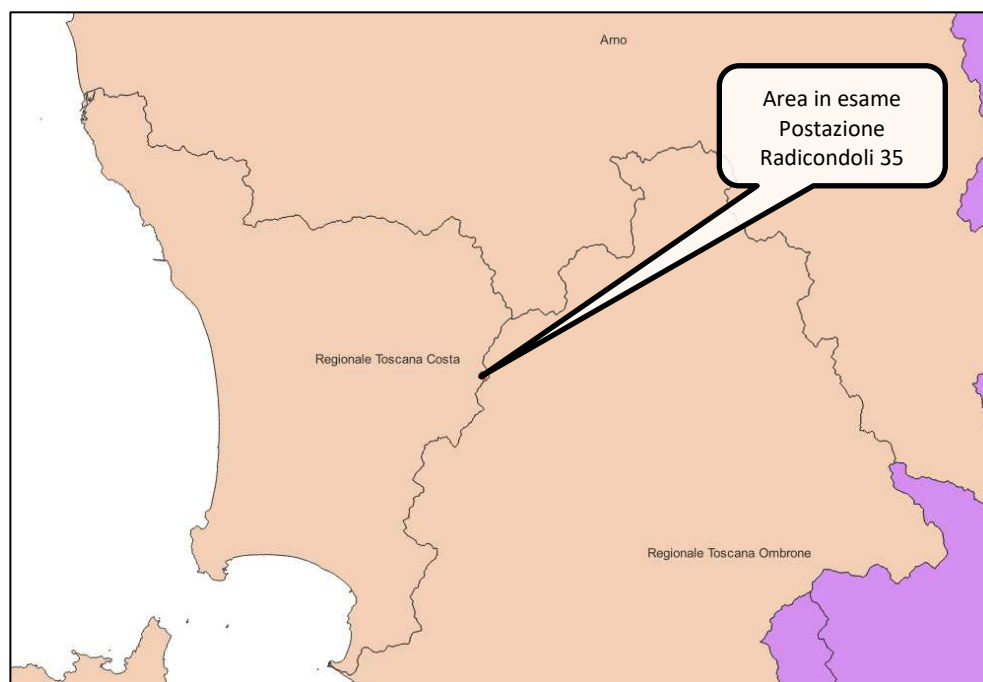


Figura 4-2 – Appartenenza del sito in esame (postazione Radicondoli 35) alla UoM (Unit of Management) “Regionale Toscana Costa”.

ITC2018	distretto dell'Appennino Settentrionale	ITI018	Magra
ITC2018	distretto dell'Appennino Settentrionale	ITN002	Arno
ITC2018	distretto dell'Appennino Settentrionale	ITR071	Regionale Liguria
ITC2018	distretto dell'Appennino Settentrionale	ITR091	Regionale Toscana Costa
ITC2018	distretto dell'Appennino Settentrionale	ITR092	Regionale Toscana Nord
ITC2018	distretto dell'Appennino Settentrionale	ITR093	Regionale Toscana Ombrone
ITC2018	distretto dell'Appennino Settentrionale	ITSNP01	Serchio

Figura 4-3 – Codifica delle Unità di Gestione e dei Distretti Idrografici. ITR091 è la codifica di riferimento per la UoM Regionale Toscana Costa cui appartiene la postazione Radicondoli 35 in progetto.

Il PAI vigente si applica per la parte relativa alla **pericolosità da frana e da dissesti di natura geomorfologica** mentre per la parte relativa alla **pericolosità idraulica** si applica il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).

4.1.2 Piano per l'assetto idrogeologico vigente

Lo stralcio del Piano di bacino "Assetto Idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica", comunemente detto "PAI dissesti", è lo strumento operativo di riferimento dell'Autorità di Bacino distrettuale per la mappatura delle aree a pericolosità e per garantire livelli sostenibili di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica, privilegiando la difesa della vita umana, del patrimonio ambientale, culturale, infrastrutturale ed insediativo, da perseguire mediante misure di prevenzione, di protezione, di preparazione e di risposta e ripristino tali da fronteggiare e mitigare i fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

La Conferenza Istituzionale Permanente ha adottato con delibera n° 39 del 28/03/2024 in via definitiva il PAI dissesti e con delibera n° 40 del 28/03/2024 le relative misure di salvaguardia. Con la pubblicazione dell'avviso di adozione nella Gazzetta Ufficiale n° 82 del 8/04/2024 sono entrate in vigore le misure di salvaguardia.

Il sito in esame è **in parte compreso** in un'area classificata come **Area a pericolosità molto elevata (P4)**: area instabile interessata da dissesti di natura geomorfologica attivi (cfr. *Figura 4-4*).

Gli effetti principali delle Norme di Piano si hanno nelle aree a pericolosità geomorfologica molto elevata della cartografia della pericolosità geomorfologica. Le definizioni, estrapolate dall'art. 6 della Disciplina di Piano, sono le seguenti:

Art. 7 - Aree a pericolosità molto elevata (P4) - Norme

1. Nelle aree P4, per le finalità di cui all'art. 1, sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio da ottenersi attraverso misure di protezione finalizzate alla riduzione della classe di pericolosità, fatto salvo quanto previsto nei commi seguenti e al successivo art. 8.
2. Nelle aree P4 l'Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle misure di protezione tese alla riduzione della pericolosità con conseguente riesame del quadro conoscitivo e dei suoi effetti sulle mappe del PAI dissesti.
3. Nelle aree P4 sono ammessi gli interventi finalizzati alla manutenzione e conservazione del patrimonio edilizio esistente e le trasformazioni di uso del suolo che, nel rispetto delle finalità di cui all'art.1, non determinino un aumento dell'esposizione al rischio delle persone.
4. Nel rispetto delle finalità di cui all'art.1 e di quanto previsto al presente articolo le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica nelle aree P4 con l'obiettivo prioritario di non determinare un aumento dell'esposizione al rischio delle persone. A tal fine emanano le disposizioni concernenti l'attuazione del Piano nelle materie di propria competenza, con la possibilità di adottare, ove necessario, disposizioni più restrittive rispetto a quanto previsto dal presente articolo ai sensi del disposto dell'art. 3-quinquies, c.2 del decreto legislativo n. 152/2006.

Art. 8 - Aree a pericolosità molto elevata (P4) - Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio

1. Fermo restando quanto previsto all'art. 7, nelle aree P4 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Città metropolitane, le Province e i Comuni nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio, si attengono ai seguenti indirizzi:
 - a) sono da evitare le previsioni di:
 - interventi di nuova costruzione che comportano l'esposizione a rischio delle persone;
 - nuove opere pubbliche e di interesse pubblico, riferite ai servizi essenziali;
 - nuove aree destinate alla realizzazione di impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006;
 - b) sono da subordinare, se non diversamente localizzabili, al rispetto delle condizioni di gestione del rischio, da ottenersi attraverso misure di protezione, anche alla scala locale, finalizzate alla riduzione della pericolosità, le previsioni di:

- nuove infrastrutture o opere, pubbliche o di interesse pubblico;
- interventi di ampliamento della rete infrastrutturale primaria, delle opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del D. L. 152/2006;
- nuove infrastrutture a rete;
- nuovi impianti di contenimento delle acque, quali dighe, invasi, laghi artificiali, oltre a quelli connessi con la gestione della risorsa idrica a scopi idropotabili ed irrigui;

c) sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio:

- le previsioni e le attività inerenti la coltivazione, il trattamento e il ripristino di aree destinate all'estrazione di materiali da cava e da miniera relativi alle aree a valenza estrattiva e mineraria incluse nei piani regionali;

d) sono da privilegiare:

- le azioni tese al mantenimento della naturale evoluzione morfodinamica dei rilievi, del paesaggio e del reticolo idrografico, a condizione che tale morfodinamica non sia causa o possa essere causa di rischio per il patrimonio ambientale, culturale, abitativo, infrastrutturale e produttivo esistente;
- le trasformazioni urbanistiche tese alla delocalizzazione degli insediamenti e delle infrastrutture nelle aree in dissesto, in particolare per quelle porzioni di territorio per le quali le misure di protezione e di mitigazione del rischio non risultino sostenibili, in quanto economicamente e socialmente non convenienti in termini di costi/benefici.

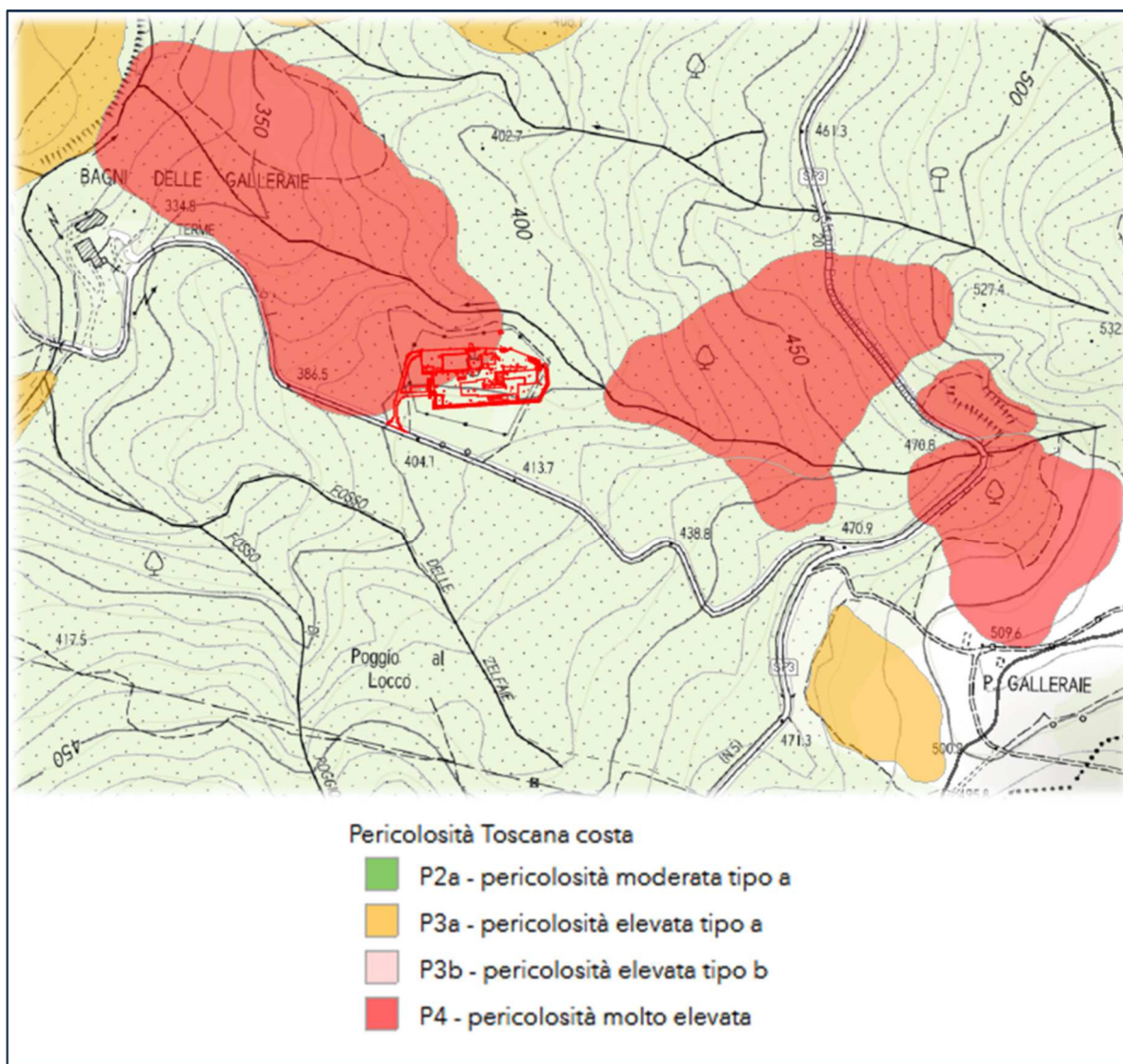


Figura 4-4 – Ubicazione della postazione di perforazione Radicondoli 35 in relazione alla distribuzione delle classi di pericolosità.

4.1.3 Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) è previsto dalla Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. 'Direttiva Alluvioni') e mira a costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative nei confronti della salute umana, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche.

Nell'ordinamento italiano la Direttiva è stata recepita con il D.Lgs. n. 49/2010 che ha individuato nelle *Autorità di bacino distrettuali* le autorità competenti per gli adempimenti legati alla Direttiva stessa e nelle *Regioni*, in coordinamento tra loro e col Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, gli enti incaricati di predisporre ed attuare, per il territorio del distretto a cui afferiscono, il sistema di allertamento per il rischio idraulico ai fini di protezione civile.

Nella Figura 4-5 sono elencati, per ciascuna UoM del Distretto in esame (Appennino Settentrionale), i tempi di ritorno utilizzati per caratterizzare i diversi scenari di probabilità, nel caso di inondazione di origine fluviale.

UoMCode-UoMName	SCENARIO A (P1) <i>scarsa probabilità</i>	SCENARIO B (P2) <i>media probabilità</i>	SCENARIO C (P3) <i>elevata probabilità</i>
ITN002 – Arno	TR > 200 anni	30 < TR ≤ 200 anni	TR ≤ 30 anni
ITI018 – Magra	200 < TR ≤ 500 anni	30 < TR ≤ 200 anni	TR ≤ 30 anni
ITR071 – Regionale Liguria	200 < TR ≤ 500 anni	50 < TR ≤ 200 anni	TR ≤ 50 anni
ITR091 – Regionale Toscana Costa	TR > 200 anni	30 < TR ≤ 200 anni	TR ≤ 30 anni
ITR092 – Regionale Toscana Nord	TR > 200 anni	30 < TR ≤ 200 anni	TR ≤ 30 anni
ITR092 – Regionale Toscana Ombrone	TR > 200 anni	30 < TR ≤ 200 anni	TR ≤ 30 anni
ITSNP01 – Serchio	TR > 200 anni	30 < TR ≤ 200 anni	TR ≤ 30 anni

Figura 4-5 – Tempi di ritorno utilizzati per caratterizzare i diversi scenari di probabilità, nel caso di inondazione di origine fluviale, per ciascuna Unità di Gestione, evidenziata in rosso l'area di interesse.

Per quanto concerne la nuova postazione Radicondoli 35, la pericolosità da alluvione, in ambito fluviale nel Distretto Appennino Settentrionale, ai sensi della Direttiva 2007/60 CE e del D.Lgs. 49/2010, con definizione dei tre scenari di probabilità di inondazione, prevede i seguenti tempi di ritorno:

- Probabilità elevata (P1): TR ≤ 30 anni;
- Probabilità media (P2): 30 < TR ≤ 200 anni;
- Probabilità scarsa (P3): TR > 200 anni;

In relazione alle mappe di rappresentazione della pericolosità da alluvione in ambito fluviale, la posizione dell'opera in progetto è rappresentata in Figura 4-6, da cui si evince l'assenza di criticità idrauliche per il sito in esame.

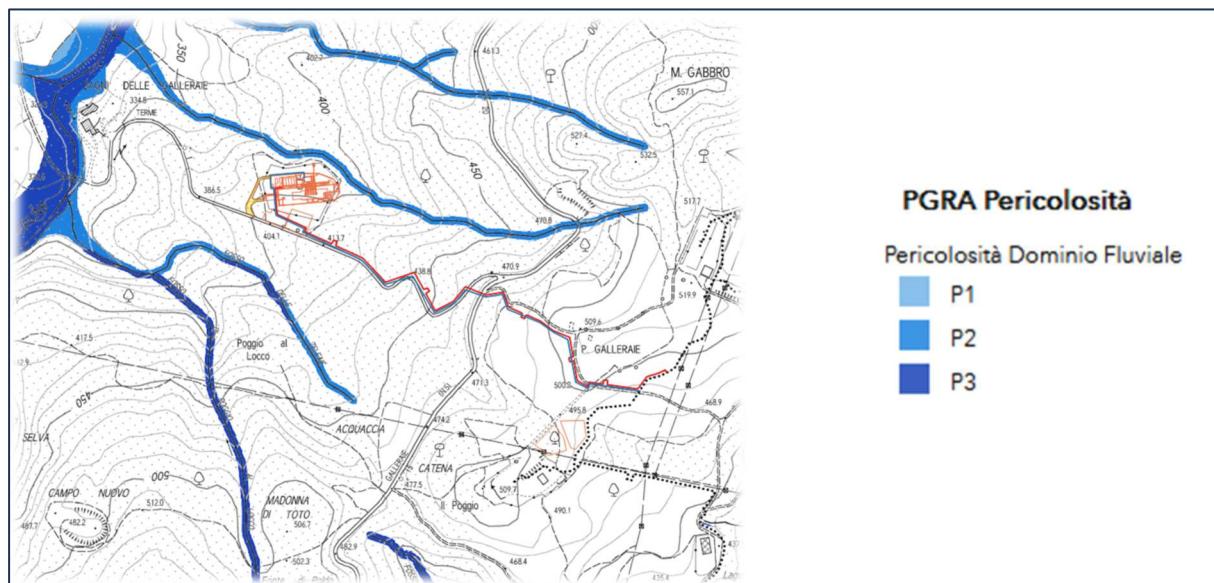


Figura 4-6 – Pericolosità da alluvione nel Distretto Appennino Settentrionale (PGRA) - dominio fluviale. Riferimento: 15/12/2022 - DSG 142-143/22 - revisione - Autorità di Bacino del Fiume Arno (riferimento più recente). In arancione la postazione di perforazione in progetto Radicondoli 35.

4.2 Piano strutturale comunale

In base al D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n° 5/R, seguendo il regolamento di attuazione dell'art. 104 della L.R. 10 novembre 2014 n° 65 (Norme per il governo del territorio), il Comune di Radicondoli (in forma associata con il Comune di Casole d'Elsa) si è dotato del Piano Strutturale Intercomunale (nel seguito PSI).

Nei paragrafi seguenti vengono esaminate le relazioni dell'area in esame con le tematiche affrontate nell'ambito dello studio geologico di base a supporto dello strumento di pianificazione territoriale comunale e in particolare con gli aspetti legati ai fenomeni di dinamica geomorfologica. Le tavole grafiche riportate sono quelle relative all'adeguamento ai sensi dell'art.21 della L.R. Toscana 65/2014 e ss.mm.ii. della carta di pericolosità geomorfologica alla nuova perimetrazione PAI dissesti.

4.2.1 Aspetti geomorfologici

Nella carta geomorfologica redatta a supporto del PSI sono riportati tutti i fenomeni rilevati, sia come processi e forme gravitative di versante e per acque correnti superficiali, che come forme, processi e depositi antropici.

I fenomeni sono stati suddivisi nelle seguenti forme:

FORME STRUTTURALI

alle quali appartengono gli orli di scarpata di faglia.

FORME, PROCESSI E DEPOSITI DI VERSANTE DOVUTI ALLA GRAVITA'

suddivise in forme di denudazione, deformazioni gravitative profonde, forme di accumulo e relativi depositi e frane non cartografabili. Inoltre, per ogni frana è stato evidenziato lo stato di attività e la tipologia della corona di frana e lo stato di attività dei corpi di frana e la tipologia dei movimenti franosi.

FORME E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

suddivise in forme di erosione e in forme di accumulo e relativi depositi.

FORME E DEPOSITI DI ORIGINE CARSIKA

nelle quali sono evidenziate le forme di dissoluzione (doline o altre depressioni).

DEPOSITI LACUSTRI, PALUSTRI, LAGUNARI E DI COLMATA

cioè le aree occupate da sedimenti sciolti di origine alluvionale e fluvio-lacustri.

FORME, DEPOSITI ED ATTIVITA' ANTROPICHE

nelle quali sono compresi tutti gli interventi antropici relativi ad aree di sbancamento, cave o miniere a cielo aperto, versanti terrazzati, riporti e argini artificiali.

Il territorio intercomunale è diffusamente interessato da fenomeni geomorfologici attivi e quiescenti, soprattutto nelle aree centrali e meridionali dei due Comuni di Casole d'Elsa e di Radicondoli.

Nella figura seguente (Figura 4-7) è riportato uno stralcio della carta geomorfologica del PSI riferita al sito della postazione Radicondoli 35.

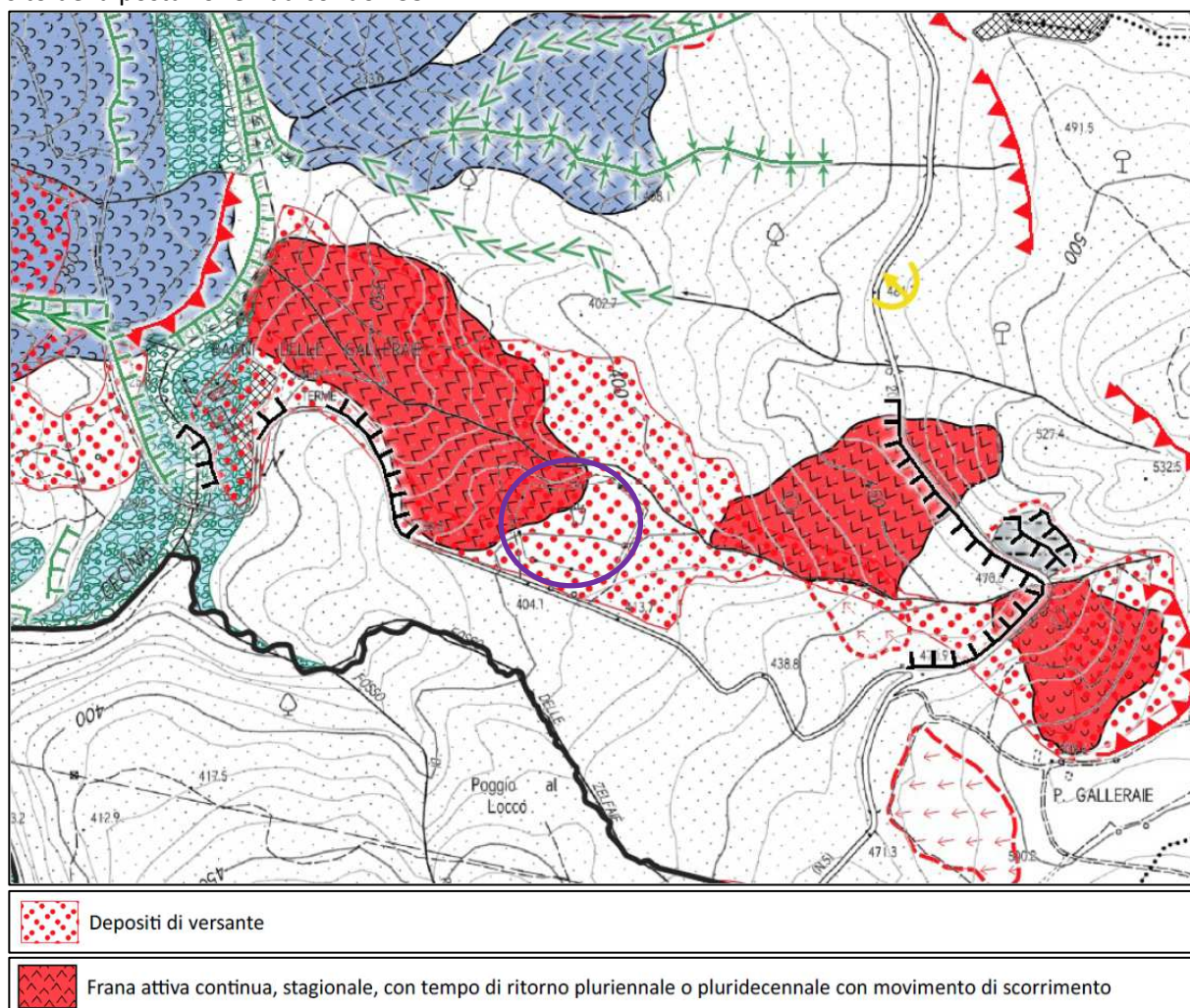


Figura 4-7 – Radicondoli 35. Stralcio carta geomorfologica del PSI (Q.G02.5)- modifica aprile 2024 con indicazione (cerchio viola) del sito della nuova postazione manutenzione campo

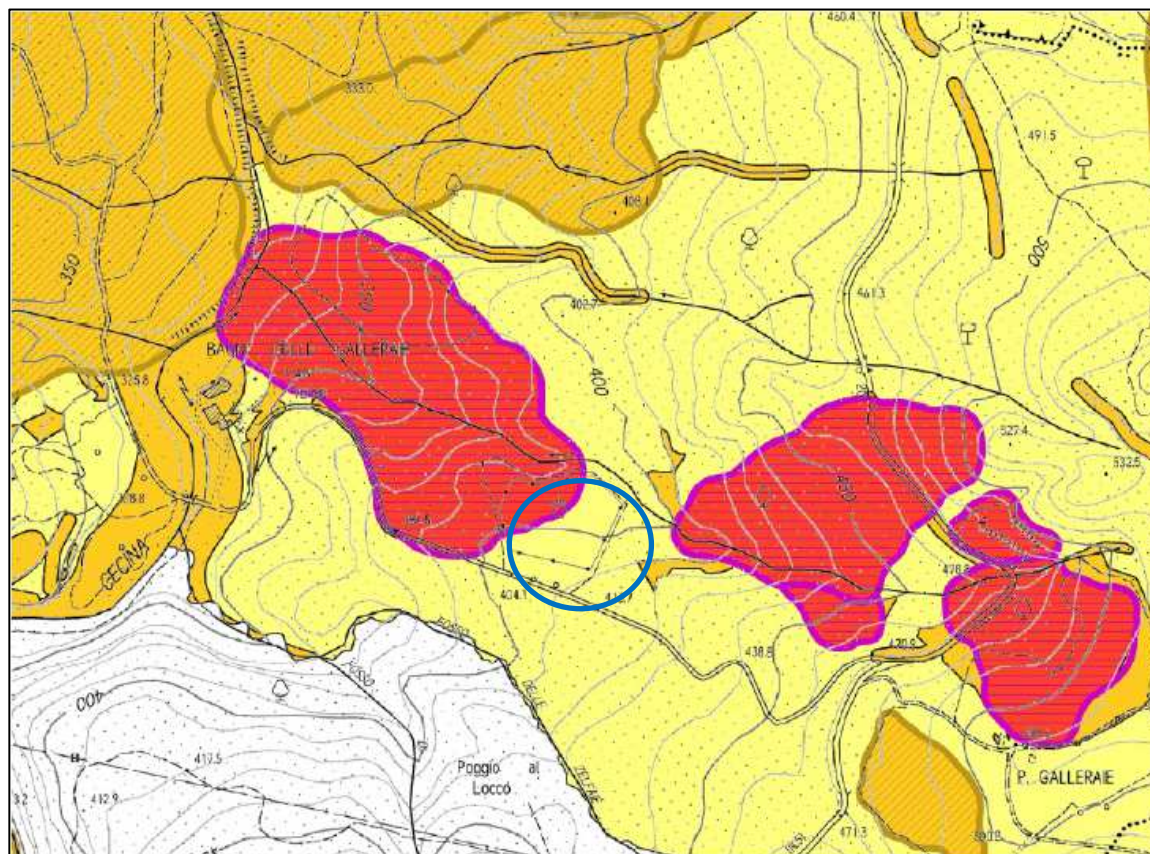
La porzione NO dell'area d'imposta risulta interessata da fenomeni gravitativi con riattivazioni stagionali, con tempi di ritorno pluriennali o pluridecennali, caratterizzati da movimenti franosi di scorrimento.

4.2.2 Pericolosità geologica





Nella carta di pericolosità del territorio intercomunale sono state effettuate valutazioni di carattere geomorfologico, idraulico e sismico.

La carta della pericolosità geologica suddivide tutto il territorio intercomunale in 4 diverse classi di pericolosità in base agli elementi geologici e geomorfologici rilevati sul terreno.

Nella figura seguente (Figura 4-8) è riportato uno stralcio della carta della pericolosità geologica del PSI.



Aree a pericolosità geologica (D.P.G.R. n. 5R del 30 gennaio 2020)

-  Pericolosità geologica bassa (G.1)
-  Pericolosità geologica media (G.2)
-  Pericolosità geologica elevata (G.3)
-  Pericolosità geologica molto elevata (G.4)

Pericolosità da dissesti di natura geomorfologica (Proposta di adeguamento al PAI Dissesti geomorfologici)



-  P3a - Pericolosità elevata (tipo a)
-  P4 - Pericolosità molto elevata

Figura 4-8 – Radicondoli 35. Stralcio carta della Pericolosità geologica del PSI (Q.G11.5) - modifica aprile 2024 con indicazione (cerchio azzurro) del sito della nuova postazione manutenzione campo.

L'area di imposta della Postazione Radicondoli 35 risulta a cavallo di aree inserite in classe di **pericolosità geologica molto elevata (G.4)** e in classe di **pericolosità geologica media (G.2)**.

La classe a **pericolosità geologica molto elevata (G.4)** comprende tutte le aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi, le relative aree di evoluzione e quelle dove sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo, come i calanchi.

La pericolosità geologica 4 del PAI è evidenziata in Figura 4-8 con una rigatura orizzontale più scura sulla campitura rossa.

La classe a **pericolosità geologica media (G.2)** comprende tutte le aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15°.

Nella stessa carta viene riportata anche la **Pericolosità da dissesti di natura geomorfologica** del P.A.I., che rappresenta la probabilità di occorrenza di un dissesto di natura geomorfologica potenzialmente distruttivo, di una determinata intensità in un dato periodo e in una data area. Per il PAI la pericolosità è identificata in classi ed è riferita ad aree dove la probabilità di occorrenza è legata allo stato di attività e l'intensità è legata al fenomeno geomorfologico.

Per completezza di informazione, di seguito si riportano in stralcio la Disciplina di Piano per le aree individuate:

- **pericolosità molto elevata (P4):** aree instabili interessate da fenomeni di dissesto attivi di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle forzanti meteorologiche, delle acque incanalate negli alvei naturali /artificiali o lungo le pendici;
- **pericolosità elevata (P3):** aree potenzialmente instabili:
(P3a) – aree non interessate da fenomeni di dissesto attivi ma in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali aree interessate da instabilità in passato e/o segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi, sulla base dei quali non è possibile escludere la riattivazione dei dissesti;

Il documento **Disciplina di Piano del Piano Strutturale intercomunale al Capo 5 – Prevenzione dal rischio geologico, sismico e idraulico** –

all'Art. 25 *Normative di riferimento degli studi geologici di supporto alla pianificazione urbanistica* indica al p.to1 che *“la disciplina di tutela dell'integrità fisica del territorio di cui al presente “Capo” recepisce le vigenti norme statali e regionali in materia e le disposizioni e prescrizioni contenute negli strumenti della pianificazione territoriale e atti di governo del territorio dei diversi soggetti e autorità istituzionalmente competenti in materia geologica, idraulica e sismica, coordinandole con la norma va urbanistico-edilizia “di indirizzo” di cui al presente Piano Strutturale Intercomunale.*

al p.to2 vengono elencate le norme di riferimento fino al *Regolamento 30 gennaio 2020, n. 5/R - Regolamento di attuazione dell'art. 104 della L.R. n.65/2014 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche.*

All'Art.27 - *Le pericolosità per fattori, geologici, sismici e idraulici*, viene precisata

al p.to 5 *la Correlazione fra criteri di attribuzione di pericolosità geologica fra R.R. n. 5/R e PAI Distrettuale*, riportando lo schema esemplificativo riproposto di seguito.

Pericolosità geologica da R.R. 5/R	Pericolosità da processi geomorfologici e da frana P.A.I. A.d.B. Arno	Pericolosità da dissesti di natura geomorfologica P.A.I. A.d.B. Distretto App. Sett.
G.4	P.F.4	P4
G.3	P.F.3	P3a - P3b

Figura 4-9 – Schema relativo all'identificazione del campo di applicazione delle normative di riferimento correlate alle classificazioni di pericolosità geologica

4.2.3 Pericolosità sismica locale

Lo studio di microzonazione sismica a scala locale (Carta della Pericolosità Sismica Locale - Tavola Q.G12) è stato condotto unicamente per i centri abitati principali del territorio intercomunale.

Pertanto, per l'area in esame non si dispone di informazioni sito specifiche riguardo a possibili scenari in grado di amplificare il segnale sismico di base atteso per il sito di progetto.

5 CRITERI GENERALI DI FATTIBILITÀ RISPETTO AGLI ASPETTI GEOLOGICI - D.G.R. TOSCANA N.31 DEL 20/01/2020

La Delibera della Regione Toscana n.31 del 20/01/2020 con oggetto le “*Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche*” definisce i Criteri generali di fattibilità degli interventi di trasformazione in relazione agli aspetti geologici, idraulici e sismici: l'intervento in oggetto insiste su aree a **pericolosità geologica molto elevata G4** e a **pericolosità geologica media G2**.

Nel seguito si evidenziano le prescrizioni di interesse riportate al Capitolo 3.2 dell'Allegato A della citata Delibera n. 31/2020 e riferite alle:

3.2.1. Nelle aree caratterizzate da **pericolosità geologica molto elevata (G4)** è necessario rispettare i criteri generali di seguito indicati, oltre a quelli già previsti dalla pianificazione di bacino.

a) nelle aree soggette a fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione la fattibilità degli interventi di nuova costruzione ai sensi della l.r. 41/2018 o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla preventiva esecuzione di interventi di messa in sicurezza e relativi sistemi di monitoraggio sull'efficacia degli stessi. Gli interventi di messa in sicurezza, che sono individuati e dimensionati in sede di piano operativo sulla base di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche e opportuni sistemi di monitoraggio propedeutici alla progettazione, sono tali da:

a.1) non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;

a.2) non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi;

a.3) consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

La durata del monitoraggio relativo agli interventi di messa in sicurezza è definita in relazione alla tipologia del dissesto ed è concordata tra il comune e la struttura regionale competente.

abis) nelle aree soggette a intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo, la fattibilità degli interventi di nuova costruzione ai sensi della l.r. 41/2018 o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla preventiva esecuzione di interventi di messa in sicurezza. Gli interventi di messa in sicurezza sono individuati e dimensionati in sede di piano operativo sulla base di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche e sono tali da:

a bis.1) non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;

a bis.2) non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni in atto;

a bis.3) consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

b) la fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente che comportano la demolizione e ricostruzione, o aumenti di superficie coperta o di volume, e degli interventi di ampliamento e adeguamento di infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla valutazione che non vi sia un peggioramento delle condizioni di instabilità del versante e un aggravio delle condizioni di rischio per la pubblica incolumità.

3.2.3. Nelle aree caratterizzate da **pericolosità geologica media (G2)**, le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

5.1 Assetto geomorfologico locale

L'assetto morfologico del sito di imposta della futura postazione Radicondoli 35 è visibile nel suo insieme in *Figura 5-1* da cui è possibile notare che il versante presenta una pendenza regolare che si imposta su valori medi di circa 8°, con variazioni locali imputabili a variazioni gravitative di assetto della coltre superficiale, oltreché alle diffuse azioni erosive dei fossi che ne incidono la superficie.

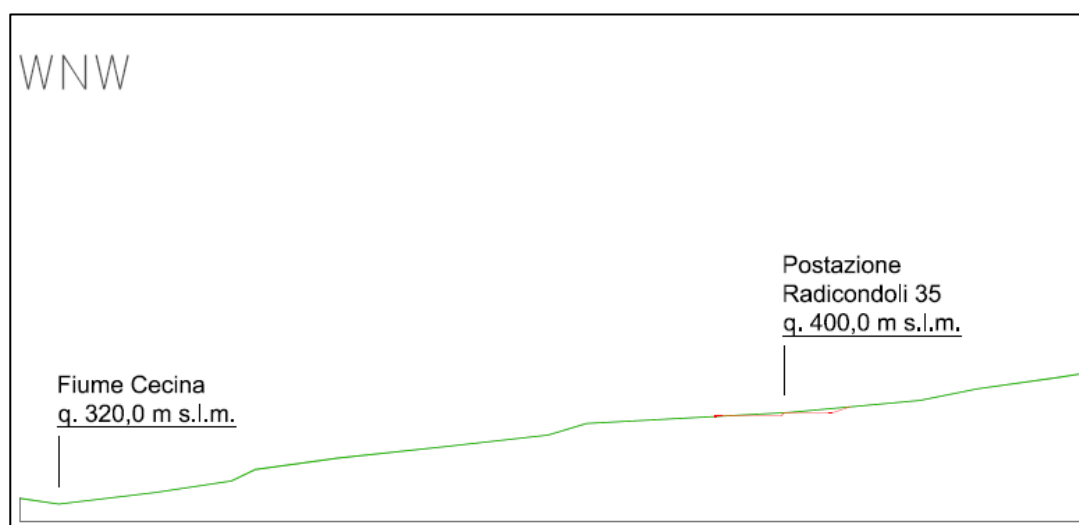
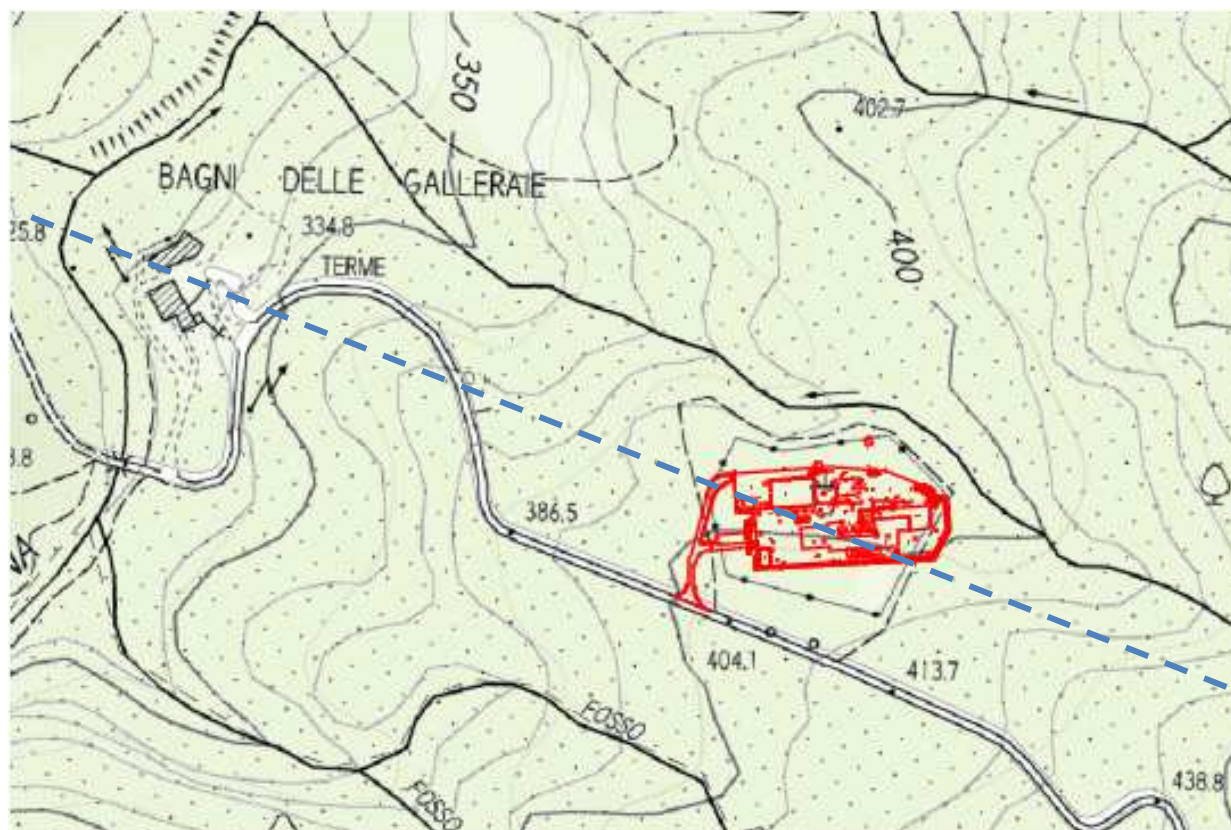


Figura 5-1 – Radicondoli 35 - Profilo topografico del versante sede della postazione di perforazione

La dominante matrice argillosa delle formazioni presenti determina la morfologia del pendio privo di particolari risalti topografici, con bassa e costante pendenza. Il substrato risulta quasi costantemente

mascherato dalla coltre di copertura superficiale, di natura eluvio colluviale, alterata e modellata dagli agenti morfodinamici legati alla gravità (colamenti, soliflussi).

La regolarità della pendenza è associata al locale assetto monoclinale delle litofacies argillitiche su cui è impostato il versante. Il profilo passa dalla quota del crinale del locale spartiacque, posto a ESE del sito a circa 515 m s.l.m. (circa in corrispondenza del Podere Galleriaie) alla quota di fondovalle incisa dal *Fiume Cecina* (circa 320 m s.l.m.) con una pendenza media costante di 8°. Assai modeste e limitate irregolarità morfologiche sono legate alla presenza di inclusi litoidi di dimensioni metriche che, per erosione selettiva, emergono tra i depositi di copertura.

Confrontando l'inventario degli eventi franosi del progetto IFFI con la perimetrazione reperita nel database geomorfologico del PSI intercomunale strettamente derivato da quello della Regione Toscana emerge una sostanziale analogia: anche l'inventario IFFI riconosce la presenza di un dissesto gravitativo definito come scivolamento rotazionale/traslattivo che interessa la porzione nord-occidentale del sito di imposta della postazione Radicondoli 35. (cfr. *Figura 5-2* e *Figura 5-3*).

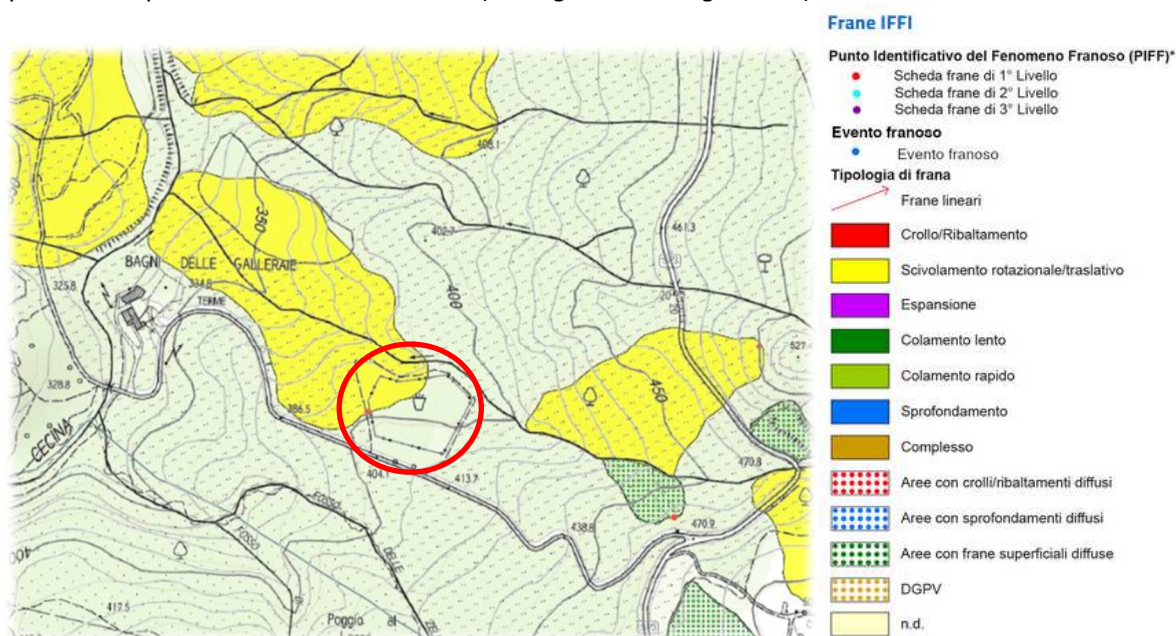
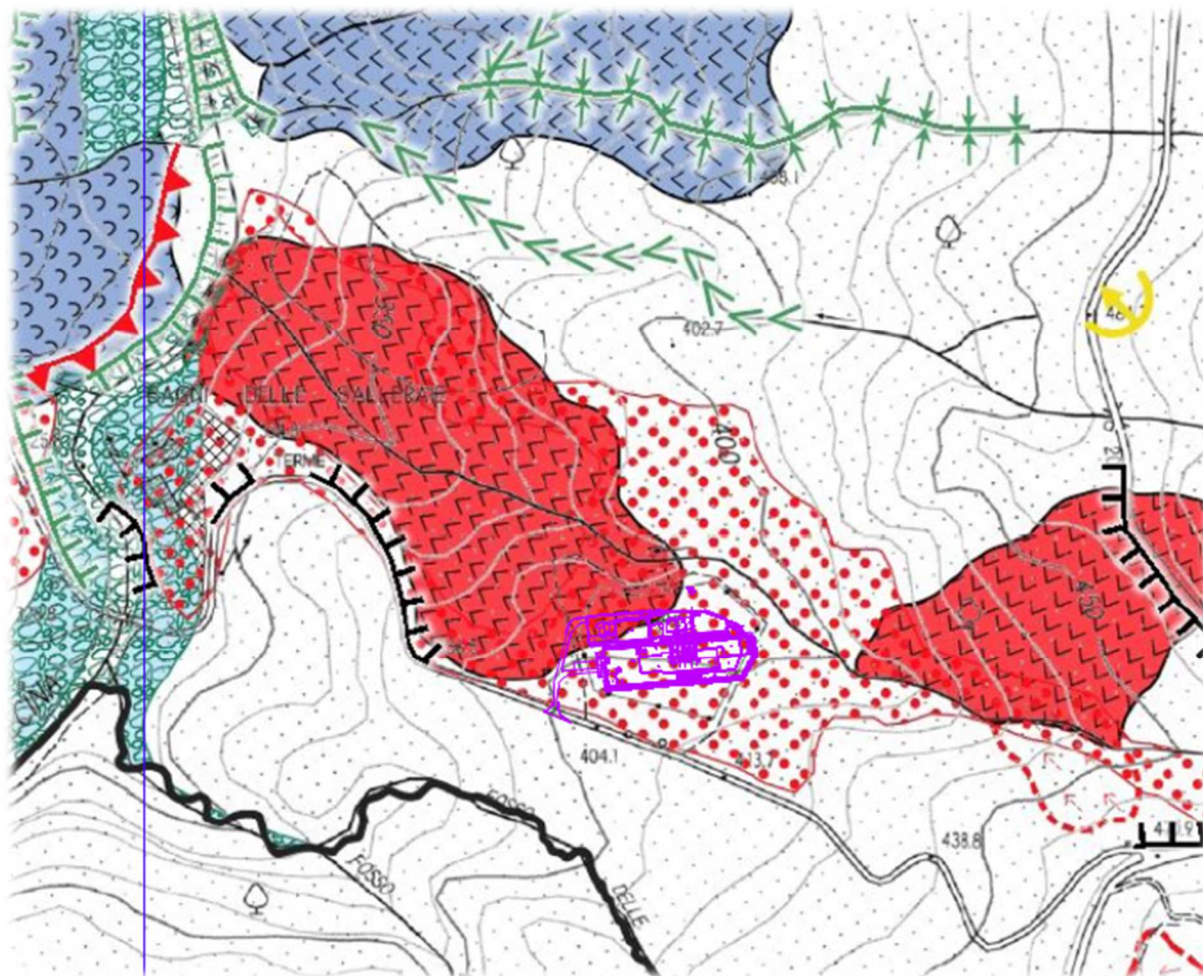


Figura 5-2 – Dissesti gravitativi nell'area in esame stralciati dal progetto IFFI (in rosso la postazione Radicondoli 35 in progetto).






	Depositi di versante
	Frana attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale con movimento di scorrimento
	Frana attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale con movimento di colamento

Figura 5-3 – Dissesti gravitativi nell'area in esame stralciati dalla carta geomorfologica del PSI (in viola la postazione Radicondoli 35).

Il rilievo condotto in sito ha confermato la presenza di una frana attiva in evoluzione. Si tratta di episodi gravitativi recenti, dei quali sono perfettamente riconoscibili e cartografabili gli orli di scarpata di recente attivazione, rilevati all'interno del corpo di frana (cfr. Figura 5-4, Figura 5-5 e Figura 5-6), così come le tracce degli orli principali attualmente quiescenti (cfr. Figura 5-7) e le evidenze di movimento pregresso (alberi piegati e convessi verso valle - cfr. Figura 5-8).



Figura 5-4 – Orli di scarpata in evoluzione di recente attivazione



Figura 5-5 – Orli di scarpata in evoluzione: dettaglio scarpata in erosione



Figura 5-6 – Orli di scarpata in evoluzione: dettaglio di una piccola trincea di rilascio superficiale



Figura 5-7 – Rottura di pendio in corrispondenza dell’orlo di frana quiescente



Figura 5-8 – Probabili evidenze di movimento pregresso; alberi piegati e sciabolati verso valle.

Si tratta verosimilmente di movimenti relativamente superficiali, nell’ordine di qualche metro da piano campagna, espressione locale del generalizzato movimento di versante. La profondità effettiva del movimento è stata verificata con l’ausilio della strumentazione di controllo (inclinometri e piezometri) installata a partire dal 2024 e tuttora in corso di lettura da parte di EGP.

Il movimento attivo interseca lo spigolo NO dell’area della futura postazione e parte della viabilità di accesso (cfr. *Figura 5-3*). Le propaggini distali del corpo di frana hanno raggiunto l’alveo del Fiume Cecina, tuttavia, senza evidenze di interferenze con il suo corso.

Il trasporto solido è limitato a granulometrie fini (peliti e sabbie prevalenti, con ghiaie e ciottoli). I ciottoli di maggiori dimensioni visibili nelle foto non sono stati trasportati ma sono gli elementi litoidi presenti nei depositi di copertura incisi dal corso d’acqua; la rimozione ed erosione del materiale fine con funzioni coesive determina il rilascio in alveo degli elementi, che conservano ancora la forma tabulare dello strato originario di provenienza, senza apprezzabile arrotondamento dovuto al trasporto.



Figura 5-9 – Alveo impluvio a nord del sito di progetto



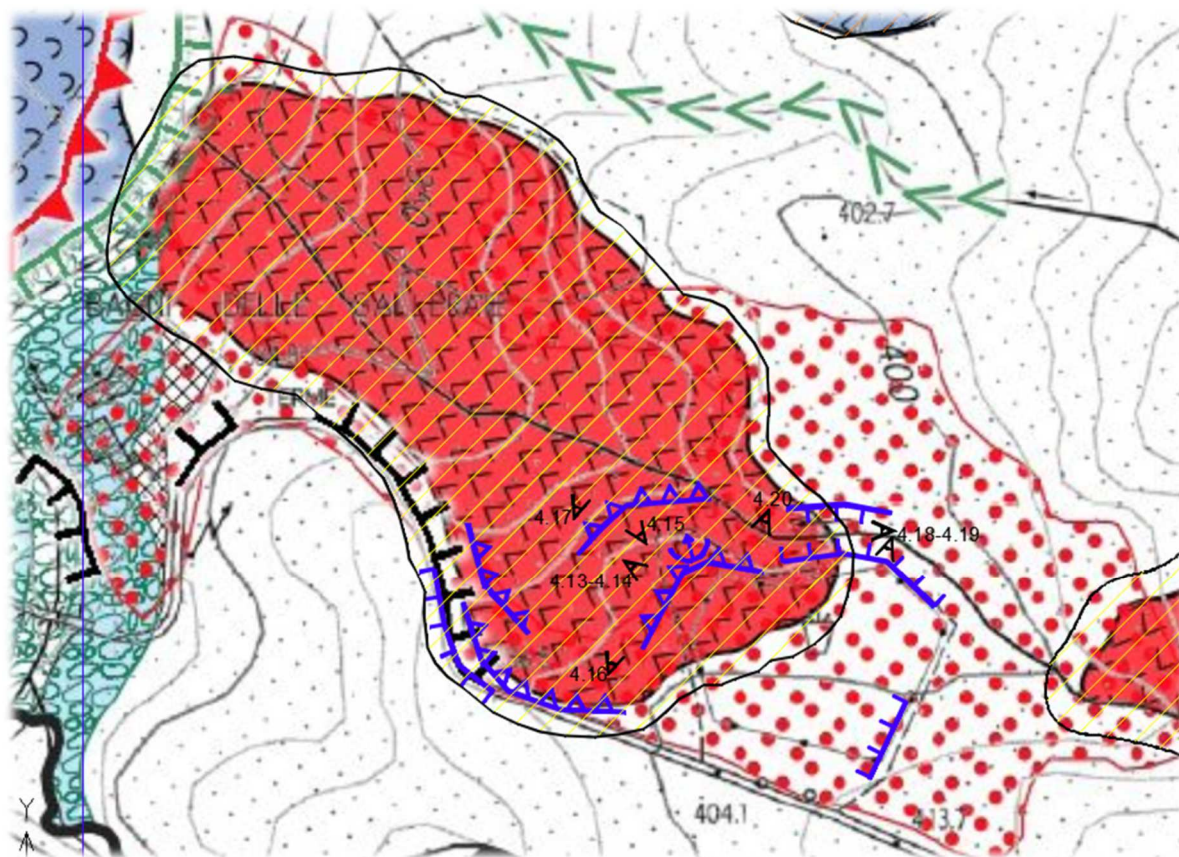
Figura 5-10 – Evidenze di alveo in erosione








Figura 5-11 – Evidenze di sponde e versanti soprastanti in erosione

Gli indizi riconosciuti sembrano ricondurre il dissesto a morfodinamiche di carattere superficiale, verosimilmente circoscritte al contatto tra la coltre superficiale alterata ed il substrato più o meno alterato sottostante, agevolate anche dalla presenza di orizzonti saturi.

La seguente immagine mostra la localizzazione degli elementi di dinamica geomorfologica rilevati e la localizzazione dei punti di ripresa delle fotografie sopra mostrate.



Elementi desunti da rilievi diretti in sito

	Orlo di scarpata di frana
	Orlo di scarpata di erosione
	Ruscellamento concentrato
	Nicchie di frana non cartografabili
	Punti di ripresa fotografica (tra parentesi riferimento alle figure in relazione)

Elementi desunti da cartografia ufficiale PAI




	Pericolosità da frana molto elevata
	Pericolosità da frana elevata
	Frane stabilizzate

Figura 5-12 – Evidenze dinamica geomorfologica da rilievo di campo

5.2 Indagini in sito e prove di laboratorio

Gli interventi di progetto permetteranno di declassificare l'area di intervento inizialmente caratterizzata da **pericolosità geologica molto elevata (G4)**, ad area a **pericolosità geologica media (G2)** riconducendo l'intera area di intervento ad area a **pericolosità geologica media (G2)**.

Si sottolinea che le indagini effettuate, pianificate per lo studio di un'area in condizioni di **pericolosità geologica molto elevata (G4)**, sono adeguate a quanto previsto dalla norma anche per condizioni di **pericolosità geologica media (G2)** per le quali sono previste: "specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area".

Le indagini effettuate, ubicate come indicato in Figura 5-13, e nel seguito sintetizzate, rispondono in conclusione a quanto richiesto dalla norma

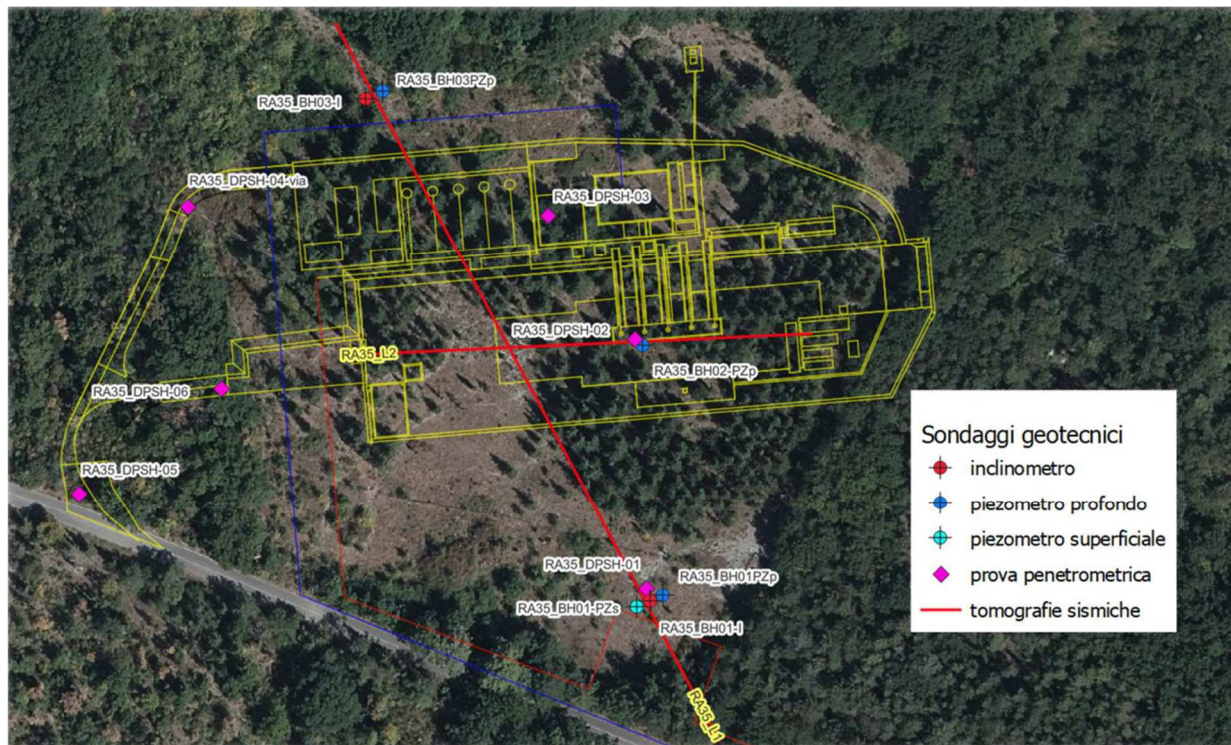


Figura 5-13 Vista aerea del sito con ubicazione della piazzola e delle indagini.

La campagna di sito si è svolta tra dicembre 2023 e gennaio 2024 ed è consistita in:

- n. 3 sondaggi eseguiti a rotazione con recupero integrale del terreno attraversato, spinti alla profondità di 24-25 m con prelievo, con campionatore a pareti sottili infisso meccanicamente tipo Shelby, di n. 12 campioni indisturbati e n. 28 rimaneggiati;
- n. 4 sondaggi a distruzione di nucleo finalizzati all'installazione di strumentazione geotecnica. Il tratto terminale del sondaggio RA35_BH02-PZs è stato eseguito a carotaggio per il prelievo di un campione indisturbato;
- n. 25 prove penetrometriche dinamiche SPT, effettuate utilizzando il campionatore standard a punta aperta, permettendo il prelievo del terreno rimaneggiato;
- n. 11 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile;
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche continue del tipo superpesante (DPSH, Dynamic Probing Super Heavy);
- n. 2 prove sismiche di superficie del tipo a rifrazione, con elaborazione tomografica dei valori misurati della velocità di propagazione delle onde di compressione (P) e di taglio (S). Le stese sismiche hanno avuto lunghezze di 225 m (L1) e 120 m (L2);
- n. 5 piezometri a tubo aperto del diametro di 2", per il controllo del livello di falda;
- n. 2 inclinometri.

Alcuni dettagli dei sondaggi, delle prove di sito e degli strumenti installati sono presentati nella Tabella 5-1.

Verticale	Metodo di indagine	Prof. (m)	Camp. riman.	Camp. indist.	Prove SPT	Prove Lefranc	Strumentazione
RA35_BH01-PZp	distruzione	24	-	-	-	1	Piezometro tubo aperto 2" (11.70-23.70 m)*
RA35_BH01-PZs	distruzione	9	13	-	-	-	Piezometro tubo aperto 2" (2.70-8.70 m)*
RA35_BH01-I	carotaggio	24	5	3	7	3	Inclinometro
RA35_BH02-PZp	carotaggio	24	6	3	8	3	Piezometro tubo aperto 2" (12.00-24.00 m)*
RA35_BH02-PZs	distr./carot.	11	-	1	1	-	Piezometro tubo aperto 2" (2.70-8.70 m)*
RA35_BH03-PZp	distruzione	21	-	-	-	-	Piezometro tubo aperto 2" (8.70-20.70 m)*
RA35_BH03-I	carotaggio	25	4	5	9	4	Inclinometro
RA35_DPSH-01	percussione	11.40	-	-	-	-	
RA35_DPSH-02	percussione	11.60	-	-	-	-	
RA35_DPSH-03	percussione	9.40	-	-	-	-	
RA35_DPSH-04	percussione	13.20	-	-	-	-	
RA35_DPSH-06	percussione	15.00	-	-	-	-	

* intervallo finestrato del piezometro a tubo aperto

Tabella 5-1 – Sintesi delle indagini in sito.

Sui campioni prelevati sono state eseguite prove di laboratorio per il riconoscimento, la classifica e la caratterizzazione meccanica dei terreni. In particolare, le prove di laboratorio sono consistite in:

- prove di classificazione (peso di volume, contenuto d'acqua, limiti di Atterberg, granulometria, peso specifico dei grani);
- n. 4 prove di compressibilità edometrica a carico controllato (Edo IL);
- n. 7 prove di taglio diretto (DS Ck₀D) in scatola di Casagrande, con misura della resistenza di picco e residua;
- n. 3 prove di taglio anulare (RS Ck₀D) su provini ricostruiti per la misura della resistenza residua;
- n. 3 prove di resistenza al taglio in cella triassiale del tipo consolidate isotropicamente non drenate (Tx CIU);
- n. 2 prove di resistenza al taglio in cella triassiale del tipo non consolidate non drenate (Tx UU).

La misura della resistenza residua è qualificante per la caratterizzazione dello strato di copertura mobilizzabile.

5.3 Modello geologico-tecnico sito specifico

Sulla base delle osservazioni dirette e dei dati ricavati sia dalle indagini in sito che dai risultati dalle prove di laboratorio (elaborati R35002_RIGeo e R35003_LabGe_01), è stato possibile ricostruire un modello geologico sito-specifico costituito sostanzialmente da terreni di copertura di diversa consistenza, che caratterizzano lo spessore di depositi indagato con le indagini dirette (circa 25 m). Tali depositi sono risultati di natura eluvio-colluviale, prodotti e messi in posto da dinamiche di versante locali e dall'alterazione eluviale dei sottostanti termini argillitici delle *Argille a Palombini*. Nei profili geologici, la profondità del contatto con il sottostante substrato litoide è soltanto ipotizzata, non essendo stata raggiunto da nessuna verticale di indagine.

Per quanto sopra il settore NO dell'area della nuova postazione di manutenzione campo risulta **lambito da una frana attiva**, con caratteristiche di scivolamento. Le frane di questo tipo sono caratterizzate, nella generalità dei casi, da movimenti lenti o molto lenti, intermittenti e correlati alle piogge stagionali.

La natura dei materiali indagati, a prevalente consistenza terrigena e quindi facilmente deformabili, solitamente destrutturati o privi, comunque, di una struttura riconoscibile, rendono di fatto inattuabile l'identificazione visiva dell'eventuale piano di scivolamento, più facilmente evolvente, in tali contesti, in una fascia di deformazione pluridecimetrica. Nel merito della profondità del piano di scivolamento possono, al momento, sono state fatte alcune ragionevoli assunzioni che portano ad identificare il piano ad una profondità di circa 5-7m.

Ampliando l'osservazione alla scala dell'intero versante si osserva che l'estensione complessiva del dissesto evidenziato, a partire dalla zona di innesco, si estende per circa 500 m sino a raggiungere l'asse vallivo in cui scorre il Fiume Cecina. Si tratta di un dissesto complessivamente significativo, verosimilmente complesso, che definisce una morfodinamica di versante principalmente regolata del movimento delle coltri limo-argillose superficiali, movimento che determina, in ultimo, il valore di pendenza medio nell'intorno dell'angolo di attrito residuo. È ragionevole supporre, pertanto, che allontanandosi progressivamente dal sito in esame, nelle porzioni più distali del rilascio gravitativo, possano essere coinvolte anche porzioni meno superficiali di versante, impostate su discontinuità più profonde (profondità 9-11 m circa).

Le ricostruzioni stratigrafiche sono state eseguite basandosi sui risultati delle indagini in sito; quindi, sull'interpretazione stratigrafica del materiale estratto dalle carote, unitamente all'ausilio dei valori misurati nelle prove penetrometriche dinamiche effettuate nei fori di sondaggio, delle indagini geofisiche e dei risultati delle prove di laboratorio, riportati per esteso nella Relazione geotecnica, a cui si rimanda per ogni approfondimento in merito (elaborati R35002_RIGeo, R35014_Rgeol_01).

5.4 Attuazione delle prescrizioni di cui al paragrafo 3.2, Allegato A, D.G.R. Toscana N.31 del 20/01/2020 – Aspetti geologico-tecnici

Gli studi e le indagini effettuati hanno permesso di confermare la presenza nella porzione nord-occidentale dell'area della prevista nuova postazione di manutenzione campo Radicondoli 35 di una zona caratterizzata da **pericolosità geologica molto elevata (G4)**; la restante area è caratterizzata da **pericolosità geologica media (G2)**.

Gli elaborati di riferimento sono:

R35001_PIGeo	Piano indagini geognostiche
R35002_RIGeo	Rapporto indagini geognostiche
R35003_LabGe_01	Rapporto Prove di laboratorio geotecnico geomeccanico Rev.01
R35014_Rgeol_01	Postazione ed Linee Fluidi: Relazione Geologica Rev.01

Concordemente ai criteri di fattibilità enunciati per la porzione di area a **pericolosità geologica molto elevata (G4)** è stata progettata l'esecuzione di interventi di messa in sicurezza e di stabilizzazione del sito della nuova postazione in modo tale da non pregiudicare la stabilità delle aree adiacenti e da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione del dissesto. Tali interventi saranno oggetto di monitoraggio e della necessaria manutenzione.

In particolare, la progettazione ha tenuto conto delle situazioni sopra menzionate e, nello specifico, il rilevato localizzato nella porzione nord-occidentale della nuova postazione Radicondoli 35 sarà stabilizzato mediante una serie di paratie di pali di grosso diametro tirantate, dimensionate in relazione al modello geologico-tecnico sito specifico (Figura 5-17 Paratia di pali con funzione di stabilizzazione e sostegno (da R35038_OpTip_01 Opere Tipo).).

La paratia, identificata come opera tipo 1-2-3 (Figura 5-15), presenta una variabilità legata all'altezza del rilevato a monte e, quindi, all'altezza del muro di sostegno a cui è solidarizzata. Le caratteristiche principali sono:

- **Muro di sostegno:**
 - o altezza 2.5 m (massima)
 - o spessore 0.5 m (minimo)
- **Pali:**
 - o diametro 1000 mm
 - o interasse 1.60 m
 - o lunghezza 16 m
- **Ancoraggi passivi autoperforanti installati in sommità alla paratia:**
 - o lunghezza totale 28 m (13 m lunghezza libera e 15 m lunghezza bulbo di ancoraggio)
 - o interasse 1.6 m
 - o diametro di perforazione 200 mm
 - o resistenza a snervamento minima della barra di 1000 kN
 - o resistenza ultima della barra minima di 1200 kN.

Le accortezze progettuali concorrono alla stabilizzazione del "coronamento" del dissesto perimetrato.

Gli elaborati di riferimento sono:

R35014_Rgeol_01	Postazione ed Linee Fluidi: Relazione Geologica Rev.01
R35026_Rgeot	Relazione geotecnica
R35027_RDimG	Relazione di predimensionamento geotecnico delle opere
R35038_OpTip_01	Postazione: Opere Tipo Rev.01
R35055_StOpT_01	Bretelle di accesso alla postazione: Opere tipo Rev.01
R35212_ApprAdB	Postazione Radicondoli_35 - Approfondimenti in merito al parere Autorità di Bacino dell'Appennino Settentrionale prot. RT. n. 0105048 data 13/02/2025

Lo sviluppo previsto delle berlinesi in relazione all'area di **pericolosità geologica molto elevata (G4)** è mostrato nella seguente figura con una linea a tratto rosso.

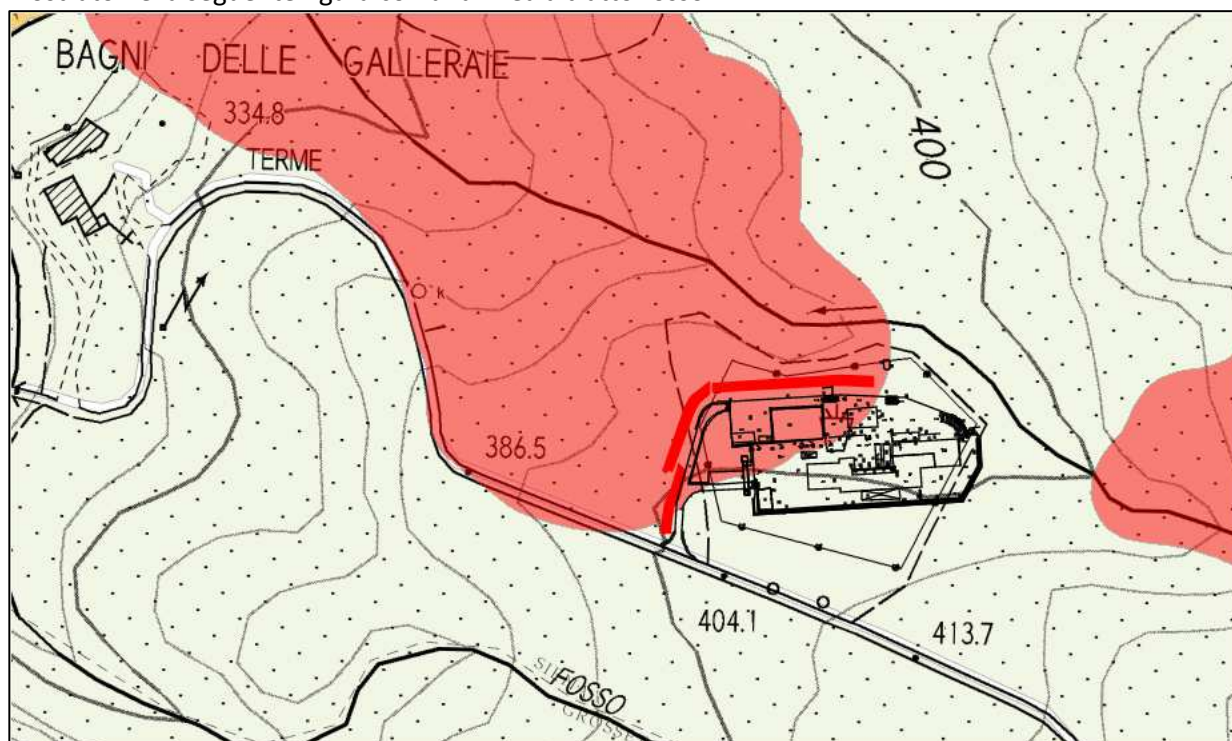


Figura 5-14 – Localizzazione delle opere di stabilizzazione (tracciate in rosso).

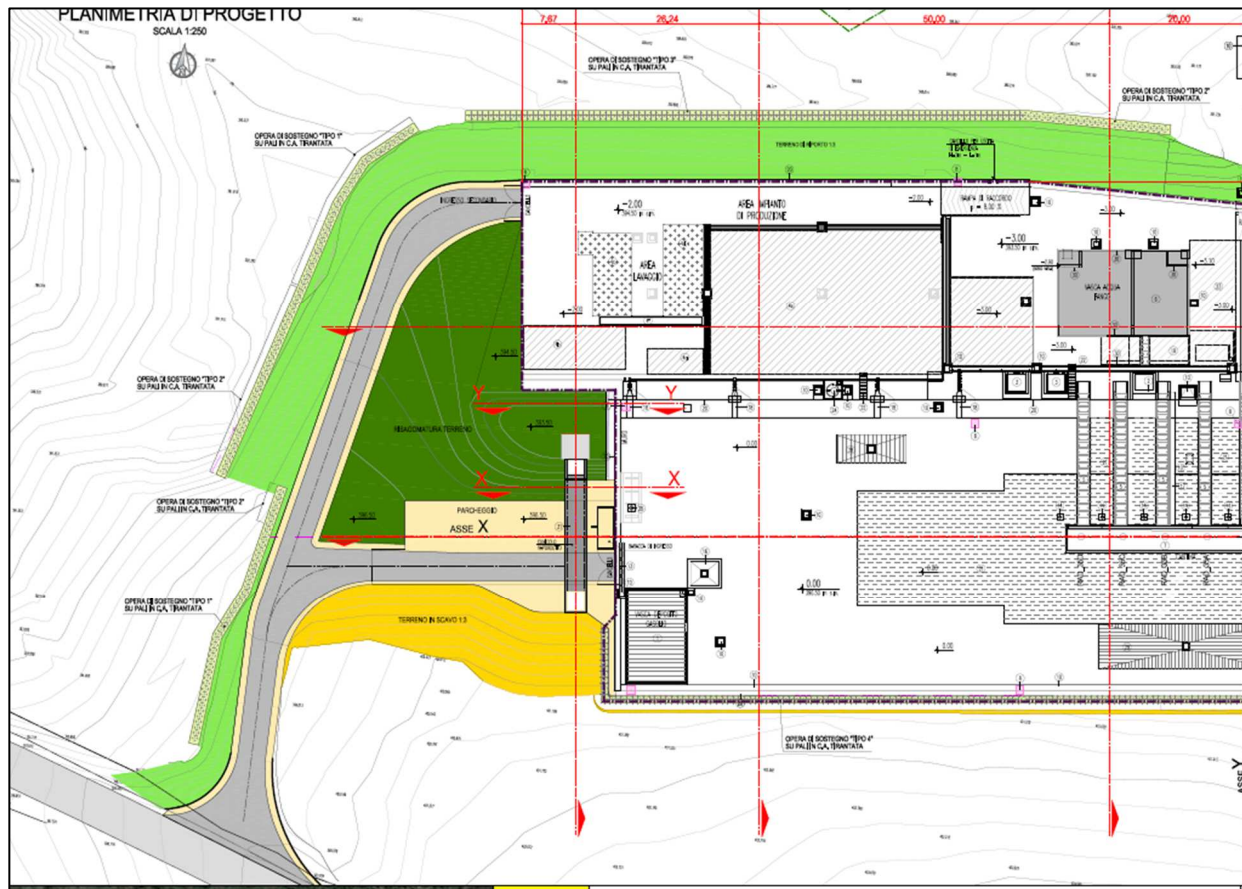


Figura 5-15 – Disposizione delle opere di stabilizzazione, visibili ai bordi dell'area (opere di sostegno Tipo 1 e Tipo 2) da R35034_Pprog - Planimetria di progetto.

Una sezione longitudinale con la localizzazione della paratia di pali è mostrata di seguito.

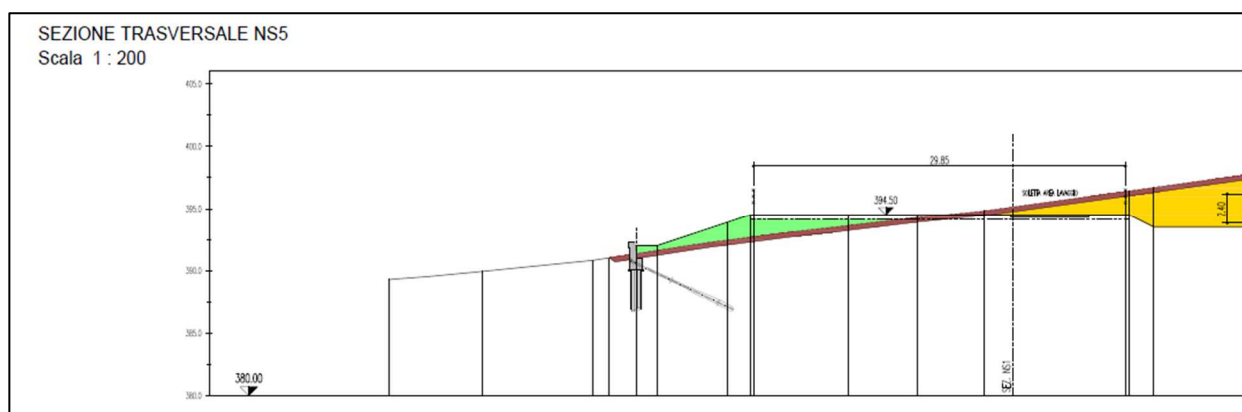


Figura 5-16 Sezione con vista dell'opera di stabilizzazione e sostegno (le opere di sostegno non sono in scala) da R35035_SezTr_01 Sezioni Trasversali.

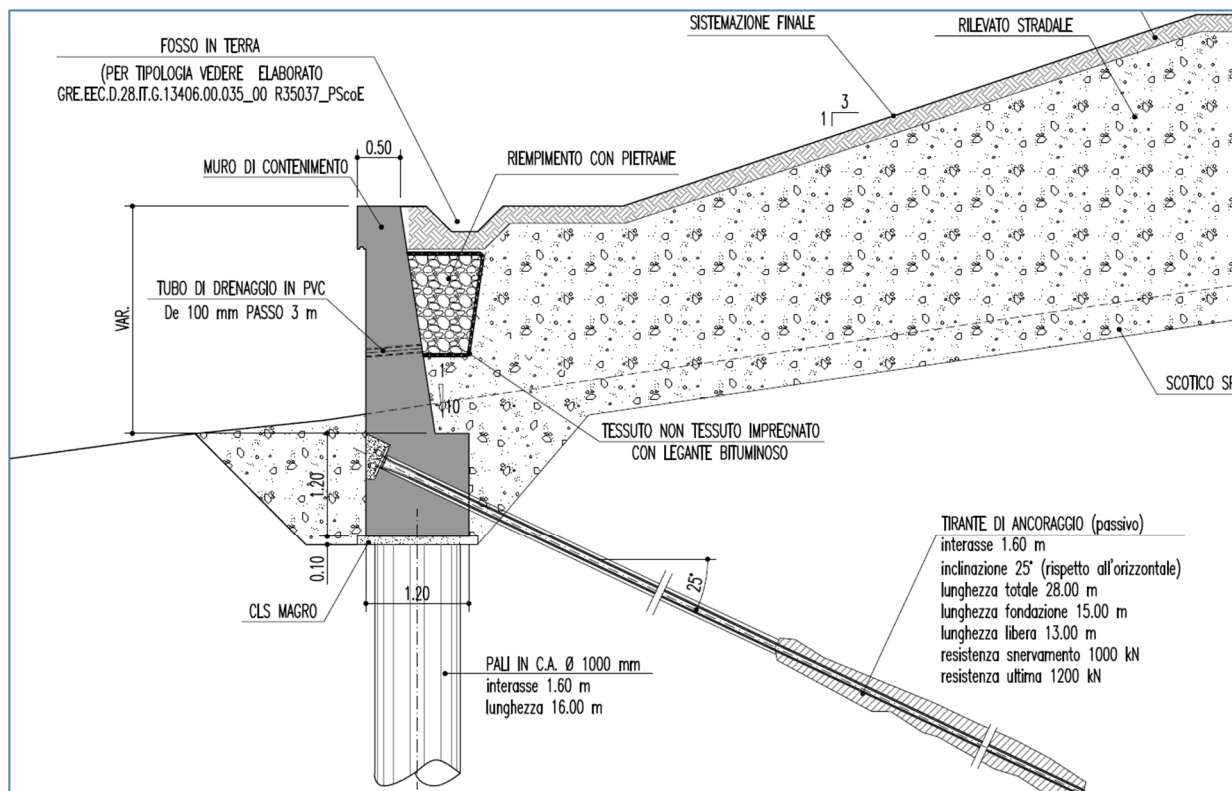


Figura 5-17 Paratia di pali con funzione di stabilizzazione e sostegno (da R35038_OpTip_01 Opere Tipo).

Gli interventi di progetto permettono di declassificare tutte le aree inizialmente caratterizzate da **pericolosità geologica molto elevata (G4)** ad aree a **pericolosità geologica media (G2)** uniformando tutta l'area di intervento a G2; gli interventi di stabilizzazione saranno collaudati congiuntamente all'Autorità di Bacino dell'Appennino Settentrionale.

5.4.1 Monitoraggio

Nel corso delle indagini in sito sono stati installati nei primi mesi del 2024 sei piezometri (tre profondi e tre superficiali) per il controllo dei livelli piezometrici e due inclinometri per il controllo degli eventuali movimenti di versante; le misure, iniziate nel maggio 2024 sono attualmente in corso e i risultati del primo periodo di monitoraggio sono contenuti nell'elaborato R35014_LettGeP. Le verticali di misura sono state localizzate in porzioni di versante non interessate dalle future lavorazioni al fine di poter assolvere la loro funzione anche nella fase *post-operam*.

La verticale BH03 è stata sistemata all'interno della perimetrazione di pericolosità da frana, la verticale Bh01 esternamente (Figura 5-18).

Nel periodo di misurazione, il livello freatico medio negli strati superficiali del pendio si è collocato ad una profondità minima di 1.5 m.

Gli inclinometri si estendono sino alla profondità di circa 24 m e sono stati registrati fino ad ora solo spostamenti dei primi due metri, millimetrici e dunque poco significativi, legati a movimenti di natura viscosa nei terreni corticali. Si verificano quindi condizioni di stabilità congruenti con il modello geotecnico progettuale, che prevede che il movimento franoso si attivi quando le coltri eluvio-colluviali sono interamente sature.

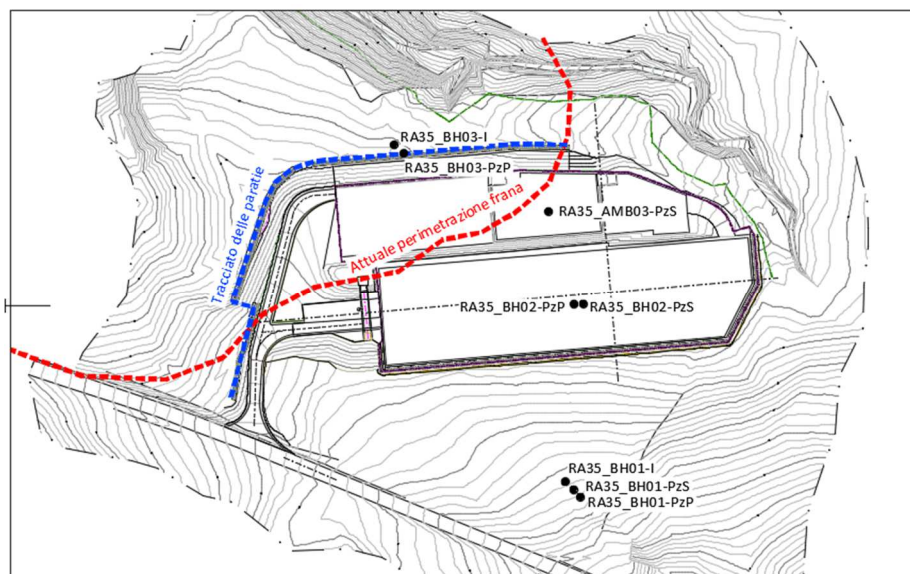


Figura 5-18 Ubicazione della strumentazione installata. PzP-piezometro profondo; PzS-piezometro superficiale; I Inclino metro.

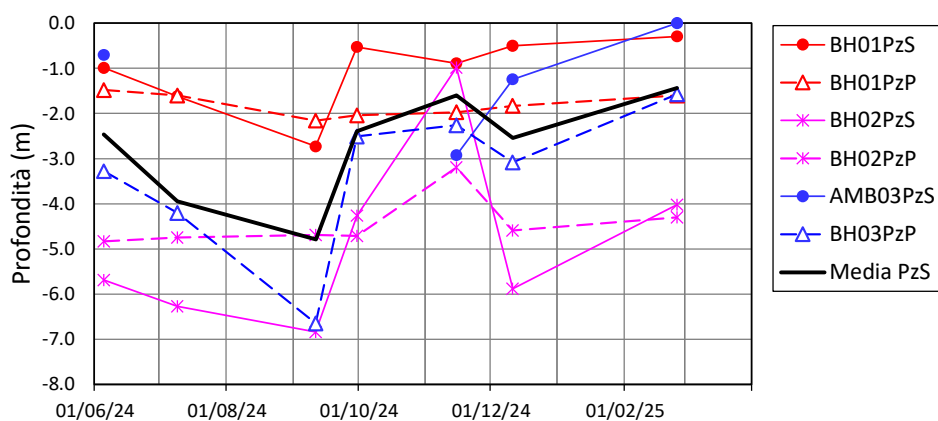
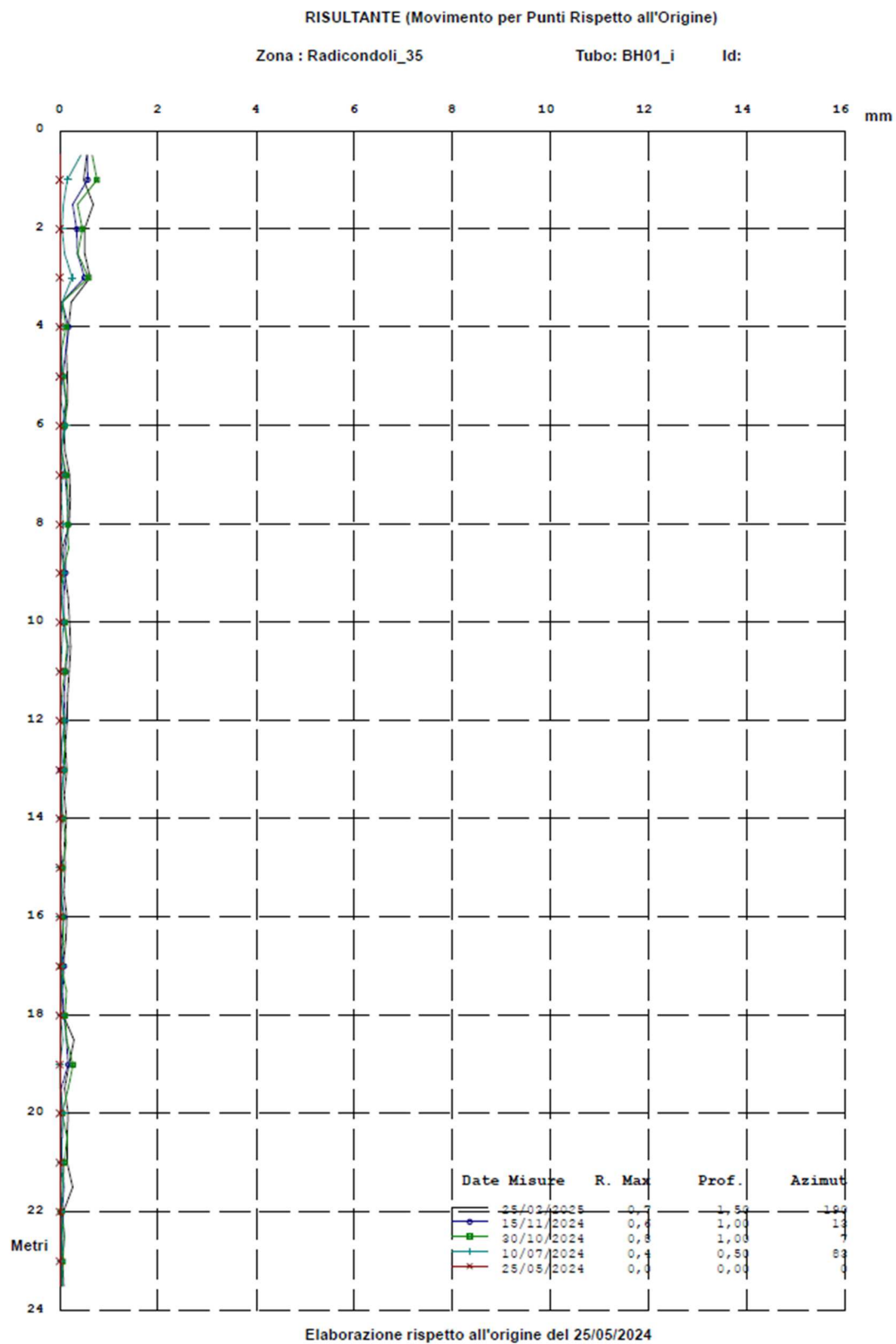


Figura 5-19: Misure piezometriche.



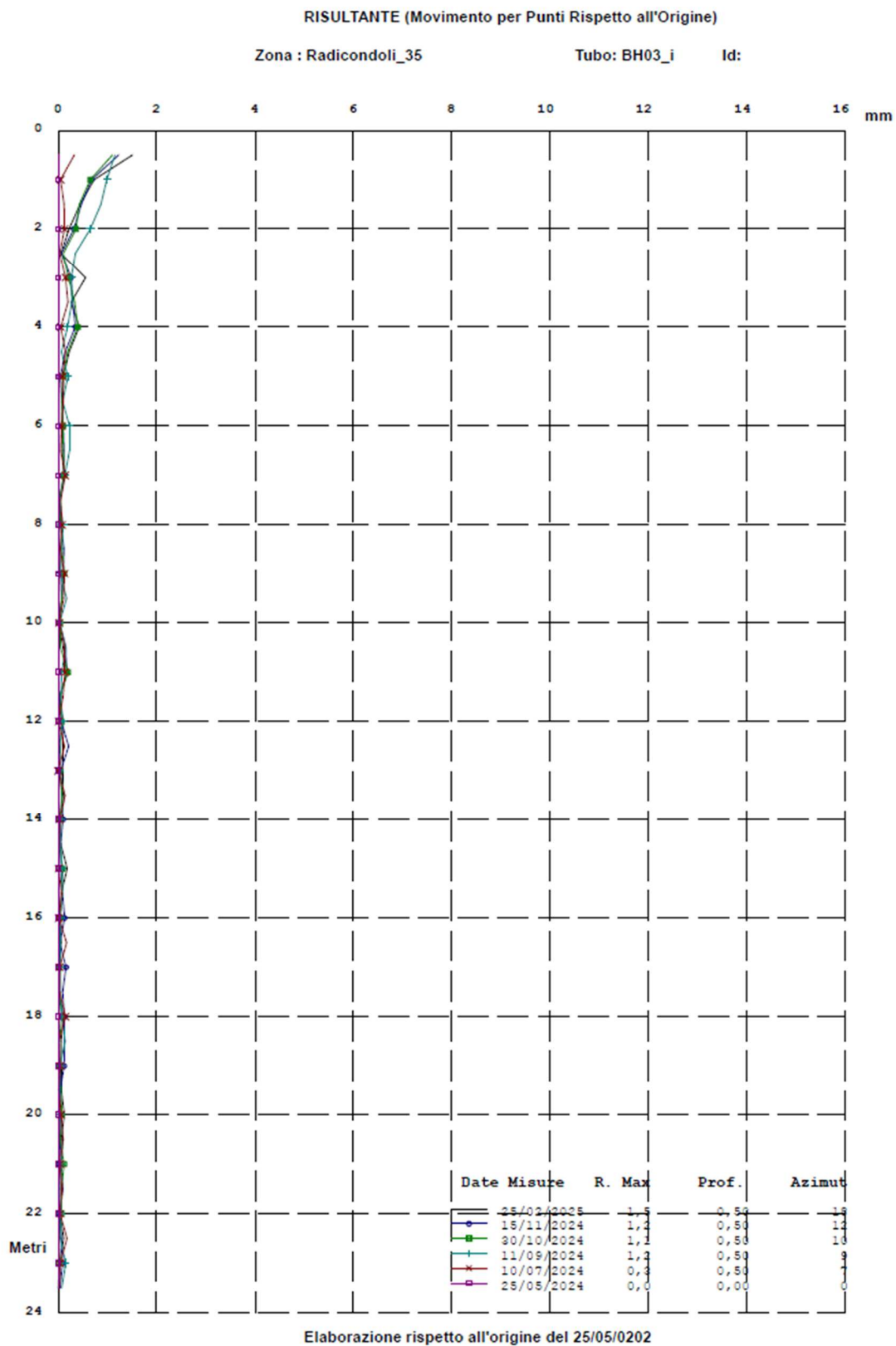


Figura 5-20: Spostamenti per punti di misura rispetto all'origine: BH01 a sinistra e BH03 a destra.

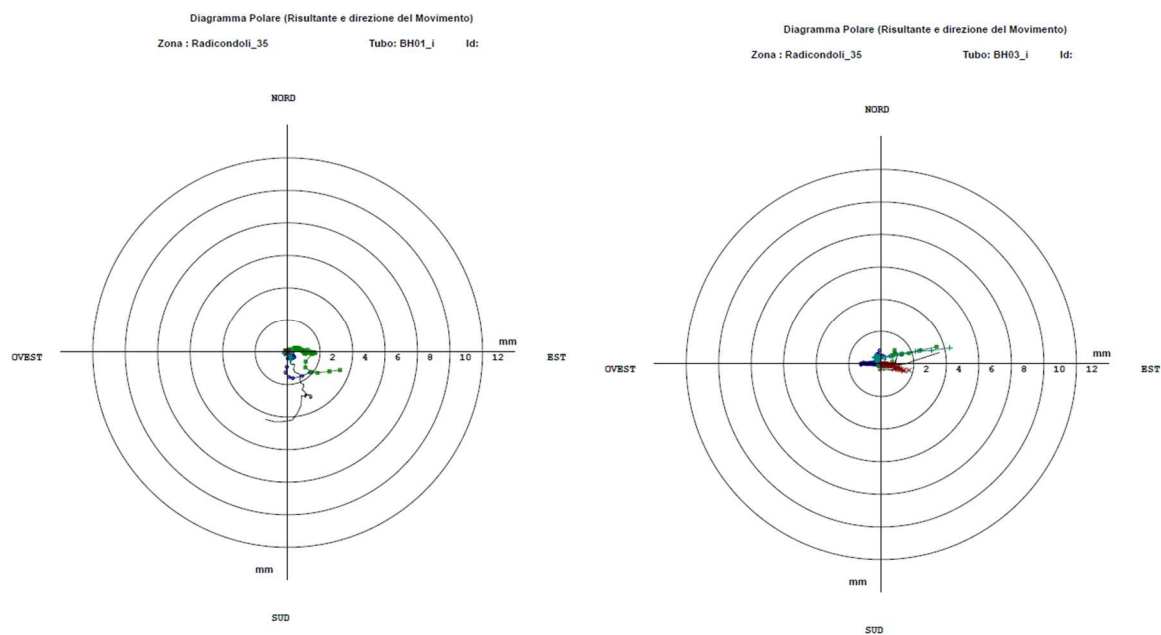


Figura 5-21: Diagramma polare con direzione del movimento.

5.4.2 Riperimetrazione aree di pericolosità geologica ante intervento

L'esecuzione degli interventi di stabilizzazione previsti dal progetto permetterà la riperimetrazione della zona a **pericolosità geologica molto elevata (G4)**. L'allegato 1 al presente documento (riportato in stralcio nella seguente Figura 5-22) mostra l'attuale perimetrazione dell'area G4 e la variante alla stessa una volta attuati gli interventi di stabilizzazione con berlinesi legati alla costruzione della nuova postazione di manutenzione campo.

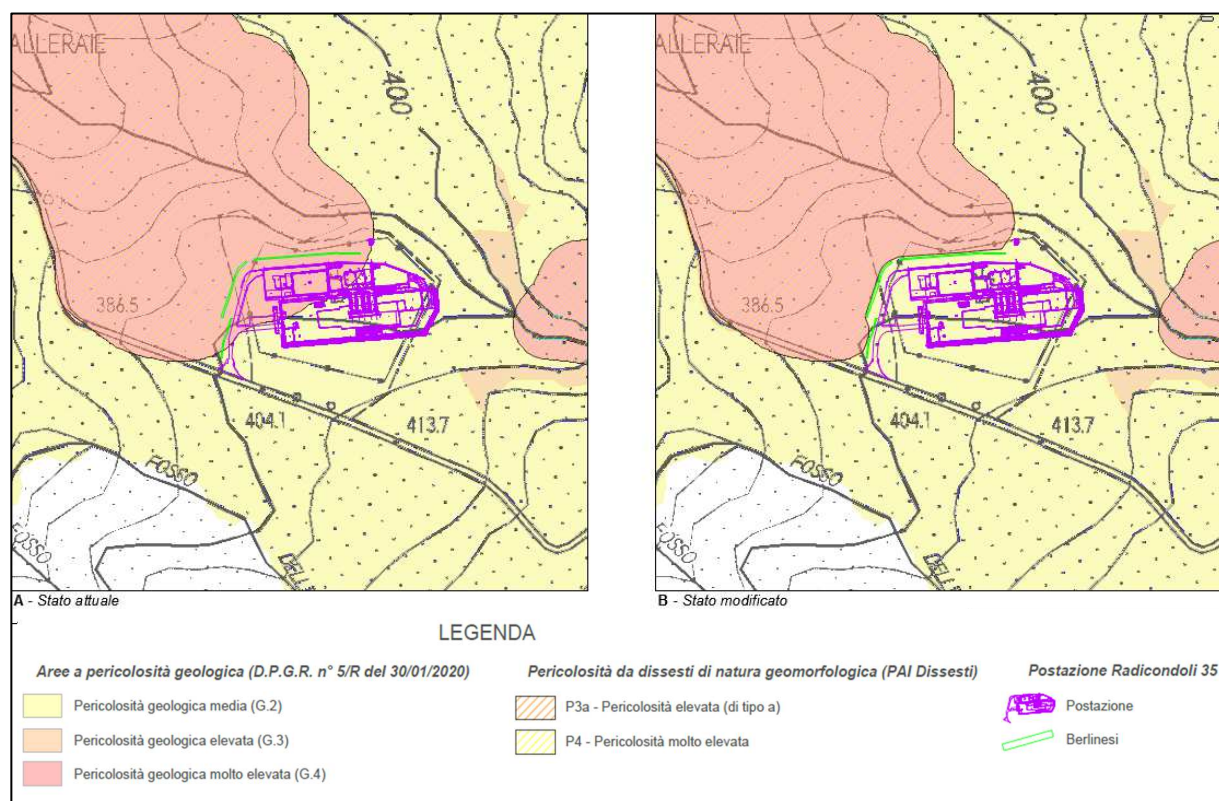


Figura 5-22 – Riperimetrazione **pericolosità geologica molto elevata (G4)** a seguito degli interventi. In verde l'ubicazione delle berlinesi

6 CRITERI GENERALI DI FATTIBILITÀ RISPETTO AGLI ASPETTI IDRAULICI E SISMICI DI CUI AI PARAGRAFI 3.3, 3.5 E 3.6, ALLEGATO A, D.G.R. TOSCANA N.31 DEL 20/01/2020

6.1 Attuazione delle prescrizioni par.3.3 – Rischio alluvioni

Come descritto al paragrafo 4.1.3 l'area d'imposta della postazione Radicondoli 35 non risulta interferente con aree a Pericolosità idraulica. Un apposito studio idrologico-idraulico sviluppato nell'ambito del Progetto Definitivo delle Opere civili della Postazione Radicondoli 35 conclude che, l'area di progetto:

- è ubicata al di fuori della fascia di pertinenza fluviale di dieci metri dal ciglio di sponda del fosso che la lambisce, come da R.D. 523/1904;
- non interferisce con le fasce del P.G.R.A.

In via cautelativa si è reputato comunque opportuno verificare per mezzo di una modellazione idraulica di dettaglio per Tr 200 anni, come richiesto da NTC 2018, l'effettiva condizione riscontrata nel P.G.R.A., (descritta nell'elaborato R35015_Ridro_01).

Infine, è possibile affermare che il confronto tra i risultati della modellazione idraulica allo stato di fatto e l'ingombro delle opere nello stato di progetto ha evidenziato che per l'evento di riferimento (Tr 200 anni):

- le opere previste **non interferiscono** con le aree di esondazione del fosso delle Galleraie e per tale motivo le stesse non vanno a modificare la situazione idraulica nello stato di progetto;
- con riferimento alla sicurezza idraulica della postazione il progetto garantisce un franco idraulico superiore a 1.5 m tra il pelo libero dell'acqua e il piano finito della postazione.

6.2 Attuazione delle prescrizioni par. 3.5 – Risorsa Idrica

L'area d'imposta della nuova postazione Radicondoli 35 non risulta interferire con fasce di rispetto di captazioni ad uso idropotabile.

Si precisa inoltre che la reiniezione delle acque geotermiche è permessa da specifica autorizzazione concessa a EGP dalla Regione Toscana, Direzione Ambiente ed Energia, Settore Minerale n.5489 del 17/04/2020 per le Concessioni Canneto, Larderello, Rio Secco, Lustignano, Travale e Chiusdino avente per oggetto: *"Autorizzazione alla reiniezione nell'Area Geotermica Tradizionale ai sensi del Art .64 D.P.R. 395/91 e dell'Art.14 D.P.R. 485/94"*.

6.3 Attuazione delle prescrizioni par. 3.6 – Aspetti Sismici

Per quanto riguarda gli aspetti di pericolosità sismica del sito, gli studi di microzonazione sismica di primo livello condotti a scala comunale non evidenziano zone di potenziale amplificazione sismica (cfr. Carta della Pericolosità Sismica Locale - Tavola Q.G12).

7 CONCLUSIONI

Facendo seguito al parere istruttorio del Settore Genio Civile Valdarno Inferiore della Regione Toscana, prot.n.0091512 del 07.02.2024, emesso nell'ambito del procedimento PAUR del progetto in oggetto, la presente relazione ha verificato la rispondenza ai criteri di fattibilità dell'intervento definiti ai sensi dell'Allegato A della Delibera n. 31/2020 della Regione Toscana "*Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche*" che definisce i Criteri generali di fattibilità degli interventi di trasformazione del territorio in relazione agli aspetti geologici, idraulici e sismici.

Per quanto sopra sono stati verificati e analizzati gli aspetti vincolistici e in particolare quelli **geologici, idraulici e sismici**.

Il sito della nuova postazione di manutenzione campo Radicondoli 35 è parzialmente interessato da un dissesto superficiale, per questo motivo gli aspetti più specificatamente geologici hanno meritato una attenzione maggiore, e sono stati analizzati al Capitolo 5 nonché riassunti di seguito (paragrafo 7.2.

Il paragrafo 7.1, invece, riporta gli aspetti idraulici e sismici analizzati nel Capitolo 6.

7.1 Criteri di fattibilità rispetto agli aspetti geologici

La carta della Pericolosità geologica del PSI (Q.G11.5) definisce l'area d'intervento con **pericolosità geologica molto elevata G4** e con **pericolosità geologica media G2**.

Gli studi e le indagini effettuati hanno permesso di confermare la presenza, nella porzione nord-occidentale dell'area della prevista nuova postazione Radicondoli 35, di una zona caratterizzata da **pericolosità geologica molto elevata (G4)**; la restante area è caratterizzata da **pericolosità geologica media (G2)**.

Gli interventi di progetto permetteranno di declassificare tutte le aree di intervento, inizialmente caratterizzate da **pericolosità geologica molto elevata (G4)** a aree a **pericolosità geologica media (G2)**; gli interventi di stabilizzazione saranno collaudati congiuntamente all'Autorità di Bacino dell'Appennino Settentrionale.

7.2 Criteri di fattibilità rispetto agli aspetti idraulici e sismici

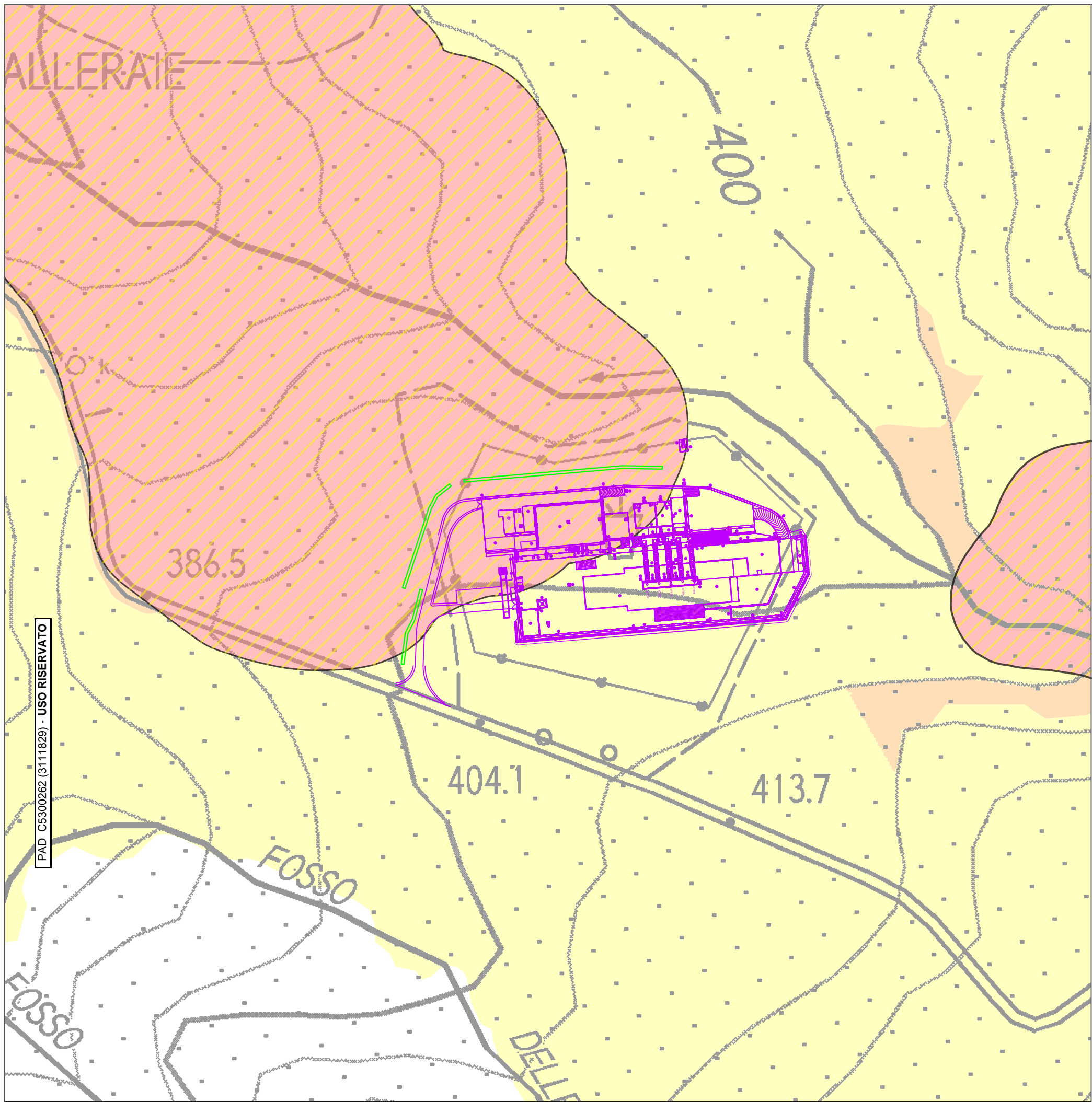
Per quanto attiene gli aspetti idraulici e sismici non si ravvisa nessuna criticità legata al progetto.

L'area d'imposta della postazione di manutenzione campo Radicondoli 35:

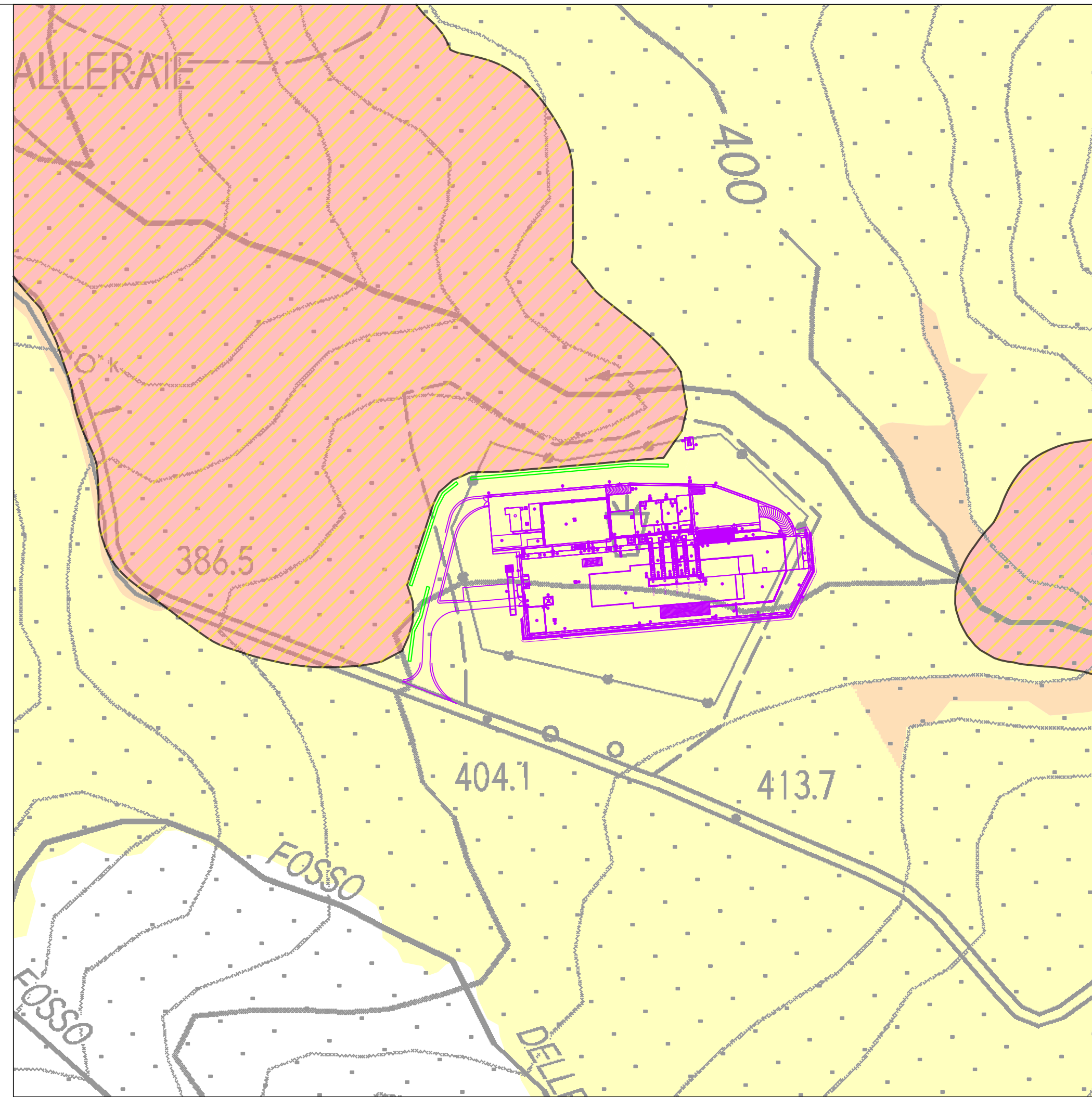
- non risulta interferente con aree a Pericolosità idraulica in quanto è ubicata al di fuori della fascia di pertinenza fluviale di dieci metri dal ciglio di sponda del fosso che la lambisce, come da R.D. 523/1904 e non interferisce con le fasce del P.G.R.A.;
- non risulta interferire con fasce di rispetto di captazioni ad uso idropotabile; inoltre la reiniezione delle acque geotermiche e di prima pioggia dei piazzali è permessa da specifica autorizzazione concessa a EGP dalla Regione Toscana;
- dagli studi di microzonazione sismica di primo livello condotti a scala comunale non si evidenziano zone di potenziale amplificazione sismica.

ALLEGATO 1

Carta pericolosità geologica confronto tra lo stato attuale e lo stato modificato



A - Stato attuale



B - Stato modificato

LEGENDA

Aree a pericolosità geologica (D.P.G.R. n° 5/R del 30/01/2020)

- Pericolosità geologica media (G.2)
- Pericolosità geologica elevata (G.3)
- Pericolosità geologica molto elevata (G.4)

Pericolosità da dissesti di natura geomorfologica (PAI Dissesti)

- P3a - Pericolosità elevata (di tipo a)
- P4 - Pericolosità molto elevata

Postazione Radicondoli 35

- Postazione
- Berlinesi



ISMES S.p.A.
Via Pastrengo 9
I-24068 Seriate (BG) - Italia
Tel.: +39 035 55771
Fax: +39 0774 353580
e-mail: info@istedil.it www.istedil.it www.ismes.it

CONCESSIONE "TRAVALE"
POSTAZIONE GEOTERMoeLETTICA "RADICONDOLI 35"
Progetto Definitivo
Postazione e Linee Fluidi: Relazione Geologica ai sensi del
D.G.R.T. n. 31/2020

DISEGNO ALLEGATO AL DOC. PROT. N°: 1

SCALA
1: 5.000